



Luís Maria Fraga Cabral Sacadura

Licenciado em Ciências de Engenharia e Gestão Industrial

Análise Funcional em Processos de Produção Lean

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia e Gestão Industrial

Orientador: Prof.^a Doutora Alexandra Tenera, Prof.^a Auxiliar,
Faculdade de Ciências e Tecnologia
Universidade Nova de Lisboa

Júri:

Presidente: Prof. Doutor Virgílio António da Cruz Machado
Arguente: Eng.^o José João Marques da Silva Henriques
Vogal: Prof.^a Doutora Alexandra Maria Baptista Ramos Tenera



FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

Dezembro, 2011



Análise Funcional em Processos de Produção Lean
Luís Sacadura

2011

Resumo

Neste estudo exploratório procurou-se integrar, no âmbito da Produção *Lean*, a definição de valor e conceitos e ferramentas provenientes da Gestão pelo Valor, de modo a colmatar lacunas identificadas na Produção *Lean*.

Desenvolveu-se um método cuja aplicabilidade se estende desde o desenvolvimento de produtos, serviços e processos, até à melhoria contínua de processos. O método proposto foi testado na sua vertente de melhoria contínua de processos, tendo-se concluído que é possível a sua aplicação nesta área, contrariamente à utilização geral da Gestão pelo Valor que se foca no desenvolvimento de novos produtos, serviços ou processos. O método proposto permite ainda identificar, objectiva e sistematicamente, as reais necessidades do cliente, as actividades que não criam valor e as áreas onde existe maior potencial para o criar.

O teste do método proposto ocorreu num processo produtivo e, mais especificamente, numa célula de montagem. Foram esclarecidas as áreas onde uma acção de melhoria mais aumentaria o valor fornecido e foi estudada uma melhoria numa destas áreas, através do balanceamento da célula de montagem. Mantendo os mesmos recursos utilizados, expectavelmente, o valor fornecido aumentará em seis pontos percentuais e, consequentemente, a produção por turno na célula será ampliada em quinze por cento.

Abstract

The goal of this exploratory study was to integrate, within the scope of Lean Production, the definition of value, as well as other concepts and tools originated from Value Management, in order to fill in gaps pointed out to Lean Production.

A new method, whose applicability extends from the development of new products, services and processes to the continuous improvement of existing processes, was developed. The section of the method that regards the continuous improvement of existing processes was tested, allowing the conclusion that it is possible to use it with this purpose, even though the general application of Value Management focuses not on existing processes but on the development of new products, services and processes. It was also concluded that a new way to identify the needs of the customer, highlight activities that do not create value and identify the areas that have the most potential to create it, was provided.

The proposed model was tested on a production process and on an assembly cell within it. The areas with the most potential to create value were highlighted and an improvement action in one of those areas, the levelling of the operator's times, was studied. With the same resources applied, the total value provided by the assembly is expected to increase in six per cent and the production per shift is expected to grow fifteen per cent.

Agradecimentos

Gostaria de aqui salientar o meu profundo agradecimento a todas as pessoas envolvidas, directa ou indirectamente, na realização deste estudo e, em especial, aos seguintes intervenientes:

- À orientadora desta dissertação, Prof.^a Alexandra Tenera, pela sugestão do tema abordado, pelo encaminhamento, disponibilidade e apoio ao longo de todo o período deste estudo.
- A todos os colaboradores da *Delphi Automotive Systems* Portugal com quem contactei, pela abertura para a implementação do método desenvolvido, pelos dados essenciais fornecidos e por toda a disponibilidade, paciência e simpatia demonstradas.

Por fim, não poderia terminar esta secção sem aqui referir a ajuda prestada por amigos e familiares no final desta fase da minha vida académica. A meu pai dedico este trabalho e a todos agradeço o apoio, os conselhos e a paciência.

Índice de Matérias

1. Introdução.....	1
1.1 – Enquadramento do Tema em Estudo	1
1.2 – Objectivos e Metodologia de Investigação	3
1.3 – Estrutura da Dissertação	5
2. Gestão pelo Valor e Produção <i>Lean</i> – Análise de Âmbitos e sua Integração	7
2.1 – Gestão pelo Valor	7
2.1.1 Contexto Histórico	8
2.1.2 Terminologia	10
2.1.3 Pilares e Requisitos da Gestão pelo Valor	12
2.1.4 Conceitos Fundamentais	16
2.1.5 Principais Métodos e Ferramentas da Gestão pelo Valor	24
2.2 – Produção <i>Lean</i>	33
2.2.1 Contexto Histórico	35
2.2.2 Terminologia	38
2.2.3 Pilares e Princípios <i>Lean</i>	39
2.2.4 Conceito <i>Muda</i>	44
2.2.5 Principais Métodos e Ferramentas <i>Lean</i>	46
2.3 – Análise Crítica e Integração de Conceitos	51
2.3.1 Tendências e Críticas	51
2.3.2 Características Comuns e Pontos Divergentes	56
2.3.3 Oportunidades de Integração.....	61
3. Método de Integração Proposto: Análise Funcional <i>Lean</i>	63
3.1 – Apresentação e Descrição do Método Proposto	63
3.2 – Etapas do Método Proposto para Aplicação em Melhoria de Processos	65
3.2.1 VSM e Escolha de Sub-processo	65

3.2.2 Identificação, Organização, Caracterização e Hierarquização das Funções do Sub-processo	66
3.2.3 Análise à Realização da Função do Cliente Externo e Funções Relacionadas com o Utilizador.....	68
3.2.4 Análise de <i>Muda</i> II no Sub-processo	69
3.2.5 Análise de <i>Muda</i> Funcional e <i>Muda</i> I no Sub-processo.....	71
3.2.6 Avaliação do Valor Fornecido e Implementação de Melhorias.....	73
3.3 – Discussão do Método Proposto.....	74
4. Teste do Método Proposto.....	77
4.1 – Introdução ao Estudo de Caso.....	77
4.2 – Apresentação da Organização, Instalação e Produto em Estudo	78
4.3 – Análise Geral do Processo em Estudo: VSM e Escolha de Sub-processo.....	79
4.4 – Análise do Estado Actual do Sub-processo Célula de Montagem.....	82
4.5 – Identificação, Organização, Caracterização e Hierarquização das Funções da Célula de Montagem	92
4.6 – Análise do Fornecimento da Função Relacionada com o Utilizador da Célula de Montagem	96
4.7 – Análise de <i>Muda</i> II na Célula de Montagem	96
4.8 – Análise de <i>Muda</i> Funcional e <i>Muda</i> I na Célula de Montagem	98
4.8.1 Recursos Investidos em “Balancear Célula”	104
4.8.2 Recursos Investidos em “Diminuir Paragens por Equipamento”	105
4.8.3 Recursos Investidos em “Diminuir Paragens por Matéria-prima”	107
4.8.4 Recursos Investidos em “Diminuir Paragens por HSO”	107
4.8.5 Recursos Investidos em “Diminuir Defeitos”	108
4.8.6 Recursos Investidos em “Fornecer Peças Sem Defeitos”	108
4.8.7 Indicador de Potencial de Criação de Valor.....	109
4.9 – Análise do Valor Fornecido na Célula de Montagem.....	110
4.10 – Melhoria em Estudo e Comparação do IPCV e Valor Fornecido.....	111
4.11 – Síntese Geral e Principais Resultados Obtidos	122

5. Principais Conclusões do Estudo e Recomendações Futuras.....	127
5.1 – Principais Conclusões do Estudo	127
5.2 – Recomendações Futuras.....	130
Referências Bibliográficas.....	133
Anexos.....	141
Anexo I – Outros métodos da Gestão pelo Valor	141
Anexo II – Tempos de Actividades de Operadores e de Máquinas	147
Anexo III – Histórico de Produção	151
Anexo IV – Histórico de Paragens Não Programadas	153

Índice de Figuras

Figura 1.1 - Metodologia de estudo.....	4
Figura 2.1 - Sistema de GV	8
Figura 2.2 - Diferenças na nomenclatura utilizada em países diferentes	11
Figura 2.3 - Pilares da GV	13
Figura 2.4 - Estrutura da GV	15
Figura 2.5 - Esquema lógico de desenvolvimento de produtos.....	19
Figura 2.6 - Balança do valor	21
Figura 2.7 - Estilos de estudo em GV.....	27
Figura 2.8 - Exemplo de matriz de ponderação de funções.....	30
Figura 2.9 - Exemplo de matriz do perfil da qualidade	30
Figura 2.10 - Regras básicas de construção do FAST.....	32
Figura 2.11 - Exemplo de FAST técnico.....	32
Figura 2.12 - Casa <i>Lean</i>	35
Figura 2.13 - Principais eventos e publicações no desenvolvimento da PL.....	36
Figura 2.14 - Princípios do pensamento <i>Lean</i>	40
Figura 2.15 - Valor percebido versus custo do produto.....	41
Figura 2.16 - Os oito tipos de desperdício.....	44
Figura 2.17 - Elementos de processos, entidades, inventário e dados do VSM	48
Figura 2.18 - Elementos de fluxos, comunicações e rótulos do VSM	49
Figura 2.19 - Elementos de colaboradores e meios de transporte do VSM	49
Figura 2.20 - Detalhe possível num VSM	50
Figura 3.1 - Método de Análise Funcional Lean	64
Figura 3.2 - Funções versus Actividades: Primeira tabela	70
Figura 3.3 - Funções versus Actividades: Segunda tabela	72
Figura 3.4 - Funções versus Actividades: Tabela completa	72
Figura 4.1 - Produto e sua decomposição.....	78
Figura 4.2 - Principais componentes e conjuntos do produto	79
Figura 4.3 - VSM do Prince 70mJ Ignition Coil	80
Figura 4.4 - Diagrama <i>Spaghetti</i> da Célula de Montagem	83
Figura 4.5 - Diagrama de Processo da Célula de Montagem	84
Figura 4.6 - Símbolos utilizados na construção de diagramas de análise de operações. 84	
Figura 4.7 - Diagrama de análise de operações da Célula de Montagem.....	85

Figura 4.8 - Diagrama Homem-Máquina do primeiro operador	87
Figura 4.9 - Primeiro diagrama Homem-Máquina parcial do primeiro operador	87
Figura 4.10 - Segundo diagrama Homem-Máquina parcial do primeiro operador	88
Figura 4.11 - Terceiro diagrama Homem-Máquina parcial do primeiro operador.....	88
Figura 4.12 - Diagrama Homem-Máquina do segundo operador.....	89
Figura 4.13 - Diagrama Homem-Máquina do terceiro operador.....	90
Figura 4.14 - Diagrama FAST da Célula de Montagem.....	92
Figura 4.15 - Matriz de ponderações das funções da Célula de Montagem.....	95
Figura 4.16 - Tempo padrão e tempo por balanceamento inadequado.....	104
Figura 4.17 - Tempo padrão, tempo por balanceamento inadequado e tempo de paragens não programadas.....	106
Figura 4.18 - Diagrama <i>Spaghetti</i> da disposição estudada para melhoria da função Balancear Célula.....	111
Figura 4.19 - Diagrama de análise de operações da melhoria estudada	112
Figura 4.20 - Diagrama Homem-Máquina alternativo do primeiro operador	114
Figura 4.21 - Diagrama Homem-Máquina parcial alternativo do primeiro operador ..	115
Figura 4.22 - Diagrama Homem-Máquina alternativo do segundo operador.....	116
Figura 4.23 - Tempo padrão, tempo por balanceamento inadequado e tempo de paragens não programadas alternativos	117

Índice de Quadros

Quadro 2.1 - Plano de trabalho de um estudo de Análise do Valor	26
Quadro 2.2 - Correlação e utilidade das principais ferramentas de diagnóstico da cadeia de valor no combate a cada tipo de desperdício	47
Quadro 2.3 - Principais falhas da PL e seus críticos	54
Quadro 2.4 - Características comuns em GV e PL.....	56
Quadro 2.5 - Pontos divergentes entre AV e PL	58
Quadro 4.1 - Tempo Normal e ocupação dos operadores	90
Quadro 4.2 - Percentagem e valor absoluto de complementos de trabalho de cada operador.....	91
Quadro 4.3 - Tempo padrão e ocupação dos operadores.....	91
Quadro 4.4 - Tempo padrão real da célula	91
Quadro 4.5 - Objectivos das funções identificadas	94
Quadro 4.6 - Actividades versus Funções, análise ao “Muda II”	97
Quadro 4.7 - Actividades do primeiro operador.....	99
Quadro 4.8 - Actividades do segundo operador	100
Quadro 4.9 - Actividades do terceiro operador	101
Quadro 4.10 - Actividades versus Funções, análise ao “Muda Funcional” e “Muda I”	102
Quadro 4.11 - Recursos investidos directamente e percentagens do total disponível..	103
Quadro 4.12 - Investimento total de recursos na função “Balancear Célula”	105
Quadro 4.13 - Investimento total de recursos na função “Diminuir Paragens por equipamento”	106
Quadro 4.14 - Paragens de produção atribuídas à função Diminuir Paragens por matéria-prima.....	107
Quadro 4.15 - Investimento total de recursos na função “Diminuir Paragens por matéria-prima”	107
Quadro 4.16 - Investimento total de recursos na função “Diminuir Paragens por HSO”	107
Quadro 4.17 - Investimento total de recursos na função “Diminuir Defeitos”	108
Quadro 4.18 - Investimento total de recursos na função “Fornecer Peças Sem Defeitos”	109
Quadro 4.19 - Cálculo do IPCV de cada função	109

Quadro 4.20 - Matriz de perfil de qualidade e valor fornecido	110
Quadro 4.21 - Dados da cronometragem da actividade 34.....	113
Quadro 4.22 - Tempo padrão e ocupação alternativos dos operadores	116
Quadro 4.23 Actividades versus Funções alternativo, análise ao “Muda Funcional” e “Muda I”	118
Quadro 4.24 - Recursos investidos directamente e percentagens do total disponível na proposta de melhoria	119
Quadro 4.25 - Investimento alternativo total de recursos por função	120
Quadro 4.26 - Cálculo do IPCV alternativo de cada função e comparação com estado actual.....	120
Quadro 4.27 - Matriz de perfil de qualidade e valor fornecido alternativos	121

Lista de Abreviaturas

AF - Análise Funcional

AFL - Análise Funcional *Lean*

AV - Análise do Valor

APAV - Associação Portuguesa para a Análise do Valor

BP - Bobinadora do Primário

BS - Bobinadora do Secundário

CEF - Caderno de Encargos Funcional (*Functional Performance Specification*)

CSVSM - Estado Actual do Mapeamento da Cadeia de Valor (*Current State Value Stream Mapping*)

DCO - Desenvolvimento para um Custo Objectivo (*Design To Cost*)

DOD - Departamento de Defesa Norte-Americano (*Department Of Defense*)

FAST - Técnica Sistemática de Análise Funcional (*Functional Analysis System Technique*)

FCE - Função do Cliente Externo

FMEA - Análise de Efeitos e Modos de Falha (*Failure Mode and Effect Analysis*)

FRO - Funções Relacionadas com a Organização

FRCE - Funções Relacionadas com o Cliente Externo

FRP - Funções Relacionadas com o Produto/Processo

FRU - Funções Relacionadas com o Utilizador

FSVSM - Mapeamento do Estado Futuro da Cadeia de Valor (*Future State Value Stream Mapping*)

GE - *General Electric Co.*

GV - Gestão pelo Valor

HSO - Higiene e Segurança Ocupacionais

IH - Inserção do *Housing*

IPC - Inserção do Primário na *Case*

IPCV - Indicador de Potencial de Criação de Valor

JIT - *Just-In-Time*

M - Magnetizadora

PF&D - Complementos por motivos Pessoais, de Fadiga ou Atrasos (*Personal Fatigue and Delay*)

PL - Produção *Lean*

QFD - Desdobramento da Função Qualidade (*Quality Function Deployment*)

SAVE - *Society of American Value Engineers*

Sma - Satisfação mínima aceitável

SMED - Troca Rápida de Ferramentas (*Single-Minute Exchange of Dies*)

Spex - Satisfação do produto existente

SoS - Soldadora do Secundário

ST - Soldadora dos Terminais

TM - Tempo de Máquina

TN - Tempo Normal

TO - Tempo do Operador

TPS - Sistema de Produção Toyota (*Toyota Production System*)

TP - Tempo Padrão

VSM - Mapeamento da Cadeia de Valor (*Value Stream Mapping*)

1. Introdução

1.1 – Enquadramento do Tema em Estudo

A produção em massa evoluiu através de vários estágios, focando-se inicialmente no volume de produção e nas economias de escala e, posteriormente, na qualidade dos seus produtos e serviços. Na última década, a criação de valor para o cliente ou consumidor tornou-se um dos princípios basilares da produção em massa, sendo que pode incluir factores tão distintos como a qualidade, o preço praticado ou características técnicas diferenciadoras.

A Produção *Lean* (PL), em inglês *Lean Production*, iniciou-se na indústria automóvel japonesa nos anos que se seguiram à Segunda Grande Guerra tendo-se tornado notória, para o resto do mundo, na década de setenta. Desde então, os seus conceitos tornaram-se o principal paradigma da indústria automóvel e alastraram-se a muitas outras indústrias, como a produção de baixo volume ou o sector dos serviços. A PL tem sido uma das abordagens de gestão mais utilizadas, reconhecidas e documentadas, e pretende a criação de valor para o cliente através da eliminação do desperdício. Assim, a sua incidência recai principalmente no combate ao desaproveitamento de recursos em processos produtivos.

Ao longo da sua existência, a PL transformou-se e novos conceitos surgiram, como por exemplo o ciclo dos cinco princípios do pensamento *Lean*, em inglês *Lean Thinking*, que se inicia na definição do valor para o cliente e identificação da cadeia que o gera, prosseguindo até á incessante procura da perfeição. Um vasto rol de ferramentas foi também desenvolvido, como o Mapeamento da Cadeia de Valor, em inglês *Value Stream Mapping* (VSM), que pretende a visualização da cadeia que gera o valor para o cliente. A PL esteve, e ainda está, num processo de evolução e, sem detrimento do seu objectivo principal (criação de valor para o cliente), podem ser integradas outras abordagens para melhorar os seus resultados. Ou seja, qualquer abordagem, conceito ou ferramenta, que forneça valor para o cliente, pode estar em linha com a estratégia *Lean* e, de facto, algumas são já utilizadas para este efeito, como a Gestão pela Qualidade Total (*Total Quality Management*) o Seis Sigma (*Six Sigma*) ou ainda ferramentas como o Desdobramento da Função Qualidade (*Quality Function Deployment*) ou a Análise de Efeitos e Modos de Falha (*Failure Mode and Effect Analysis*).

Apesar da sua evolução, por desenvolvimento interno ou por importação de conceitos e ferramentas, continuam a existir críticas à abordagem *Lean*. Estas apontam para um potencial

impacto negativo na força da marca, na capacidade de inovação de organizações ou na criatividade dos seus colaboradores. Outras alertam ainda para a falta de consideração por aspectos humanos, a incapacidade para lidar com a variabilidade ou a restritiva incidência na gestão fabril, ignorando interações estratégicas entre organizações. Finalmente, é-lhe ainda apontada uma falta de capacidade para compreender o que representa o valor para o cliente. Esta última crítica é patenteada pela inexistência, no seu âmbito, de uma definição de valor e pelo facto de, em implementações da abordagem, ser comum referir-se que o valor é descrito por aquilo que o cliente deseja e que deve ser reflectido por percepções e não por números ou factos. O enfoque desta abordagem na eliminação de actividades que representam desperdício, definidas no seu âmbito como não criadoras de valor, contribui também em larga escala para tornar premente a maior compreensão do valor para o cliente.

Salienta-se no entanto que uma das grandes vantagens da PL consiste, exactamente, na sua capacidade de continuamente evoluir e melhorar-se e que, como sucedeu em momentos anteriores na evolução da PL, a resposta para as suas lacunas poderá ser encontrada em conceitos e ferramentas de outras abordagens.

A Gestão pelo Valor (GV), em inglês *Value Management*, surge na indústria aeronáutica norte-americana na década de quarenta, consistindo num estilo de gestão particularmente dedicado à inovação e que pretende uma gestão constantemente focalizada no valor para as partes envolvidas. Fá-lo através de uma visão funcional dos produtos que resulta numa definição de valor que é essencial a todas as ferramentas e acções de GV. Nesta abordagem, um produto ou serviço não consiste num conjunto de materiais ou numa ideia pré-concebida, mas sim num agregado de funções fornecidas para satisfazer necessidades de um consumidor. Como tal, em GV, o valor é definido como a relação entre a satisfação de uma necessidade, através das várias funções do produto, e o montante de recursos que são alocados para este fim.

A GV tem particular incidência na criação de novos produtos e serviços, através do método denominado Análise do Valor (*Value Analysis*) mas, principalmente, contém a capacidade de definir, medir, analisar e comparar o valor de uma ou várias soluções através de uma das fases da Análise do Valor, a Análise Funcional (*Functional Analysis*). A Análise Funcional tem sido historicamente considerada o grande factor benéfico da abordagem do valor, bem como, a sua principal característica diferenciadora em relação a outros estilos de gestão.

O âmago do enquadramento do tema abordado situa-se na existência de lacunas apontadas à abordagem *Lean* e na aparente potencial capacidade da GV para colmatar uma ou várias

destas características, parcial ou totalmente. O enfoque é principalmente inserido na ausência de uma definição do valor em PL e na incisiva definição deste factor na abordagem do valor, que é transversal a todos os seus elementos. Não obstante, a relevância e interdependência entre esta lacuna e outras que existem no seio da PL, permite que o seu impacto seja alastrado a outros elementos desta abordagem, como a aplicabilidade no desenvolvimento de produtos e a, anteriormente referida, falta de inovação e criatividade.

1.2 – Objectivos e Metodologia de Investigação

A presente investigação teve como objectivo explorar a integração de conceitos e ferramentas da GV em sistemas *Lean*, apontando à colmatação de lacunas que nestes existam. Deste objectivo geral destaca-se principalmente a intenção de ver integrada a definição de valor, proveniente do âmbito da abordagem do valor, nos processos *Lean* e de sobrepor dificuldades que nesta integração possam surgir. Num plano de menor relevância, pretendeu-se também identificar outras áreas onde a associação dos conceitos e ferramentas pudesse complementar ou provocar um impacto positivo no desempenho dos sistemas *Lean* e atentar à sua integração.

Para ver cumpridos os referidos objectivos, recorreu-se à metodologia de estudo que se encontra sintetizada na Figura 1.1.

A metodologia seguida iniciou-se com a discussão das principais características da GV, através dos seus pilares, conceitos, métodos e ferramentas, de modo a esclarecer a sua definição de valor e compreender a extensão do impacto desta em todos os elementos da abordagem que pudessem vir a ser integrados, sem no entanto negligenciar a identificação de outras áreas potencialmente relevantes para a colmatação de lacunas da PL.

Em seguida procedeu-se à análise dos preceitos da abordagem *Lean*, mantendo o foco na questão do valor para que pudessem ser esclarecidas as áreas onde teria impacto a introdução de uma definição deste factor.

Foram analisadas as maiores tendências e críticas que acompanharam a evolução das abordagens em foco, bem como os seus pontos comuns e divergentes, em termos de princípios teóricos e de implementação prática. A análise das críticas pretendeu evidenciar as maiores lacunas da PL, a preencher com a integração da GV nas suas práticas.

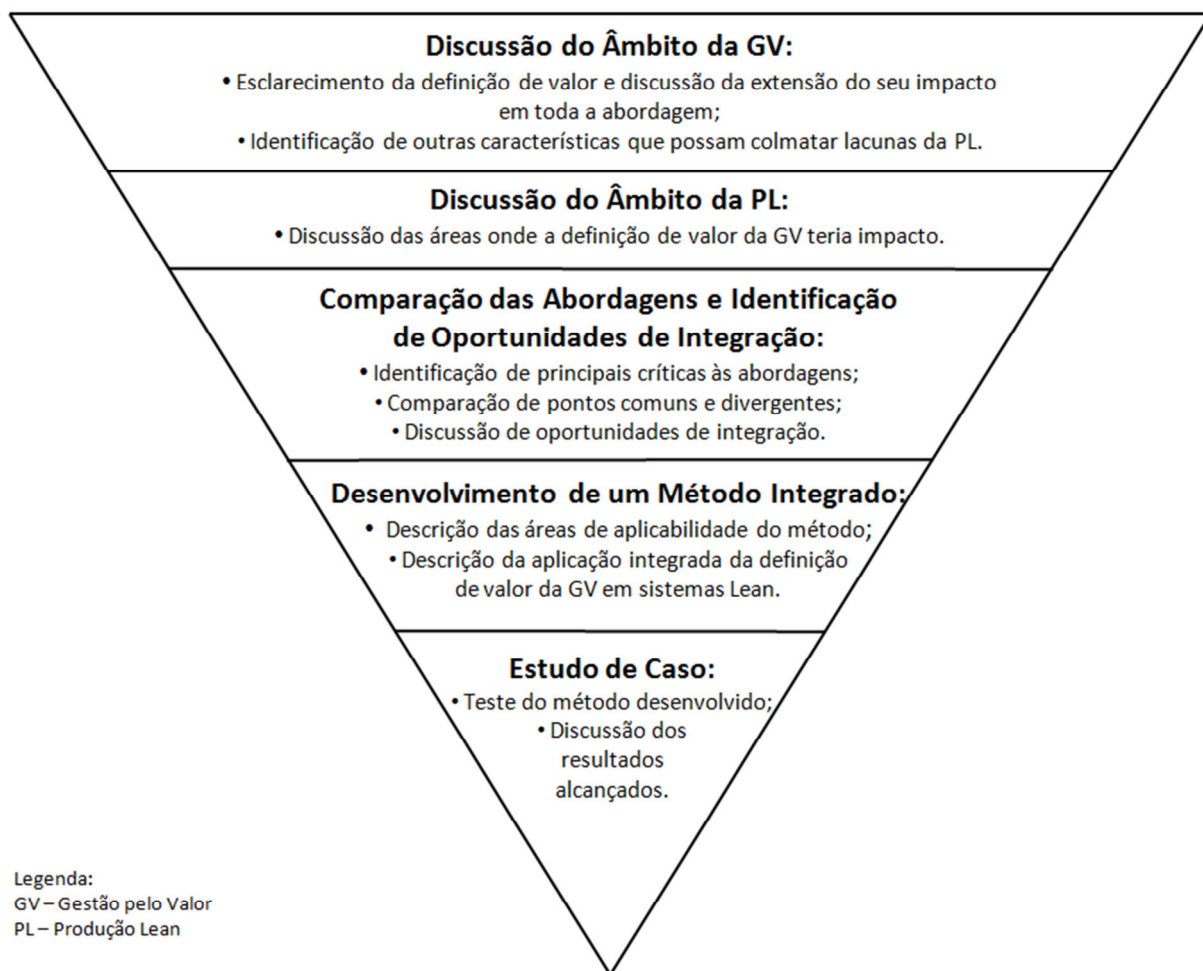


Figura 1.1 - Metodologia de estudo

Os pontos semelhantes foram assinalados para que pudessem ser analisadas expectáveis complicações ao nível dos princípios teóricos individuais. O recurso à análise das características distintivas objectivou a que fosse então aprofundada a diferença entre as noções de valor de ambas as abordagens e que, em termos de implementações práticas, fossem esclarecidas as diferenças em relação ao momento do ciclo de vida de um produto em que a sua aplicação é mais usual.

Após a realização das etapas anteriormente delineadas, foi então possível apontar a oportunidade e o rumo da integração proposta, bem como desenvolver um método de implementação que contemplasse as características das duas abordagens, os seus pontos de maior potencial e menor capacidade e, principalmente, as repercussões e necessários ajustes que adviriam da integração da definição de valor da GV na abordagem *Lean*.

Por fim, a metodologia adoptada terminou com um teste do método proposto, recorrendo-se a um estudo de caso numa organização que opera segundo as premissas da PL. Pretendeu-se,

nesta etapa da metodologia seguida, confirmar a possibilidade de utilização do método proposto numa das suas áreas de aplicação e analisar os benefícios gerados.

1.3 – Estrutura da Dissertação

A estrutura da dissertação espelha a metodologia seguida. No primeiro e actual capítulo desta dissertação é feita uma abordagem inicial ao tema, é exposto o seu enquadramento, são definidos os objectivos a alcançar e a metodologia seguida para esse efeito.

No segundo capítulo são dissecadas as origens históricas da PL e da GV, bem como os termos, princípios, métodos e ferramentas que os caracterizam. O capítulo desenvolve-se depois, desde a análise das tendências e críticas de ambas as abordagens, através discussão das suas diferenças e pontos comuns, terminando na apresentação da oportunidade de integração identificada.

No capítulo terceiro é apresentado o método desenvolvido e discutida a sua aplicabilidade e as suas principais características.

No quarto capítulo é apresentada a organização em que o método foi testado e o processo específico onde este é aplicado, sendo também expostas a sua implementação e os principais resultados alcançados.

No quinto e último capítulo desta dissertação apresentam-se os principais resultados alcançados no estudo e são propostos novos percursos de investigação da temática explorada.

2. Gestão pelo Valor e Produção *Lean* – Análise de Âmbitos e sua Integração

2.1 – Gestão pelo Valor

“A Gestão pelo Valor é um estilo de gestão, particularmente orientado para motivar os indivíduos, desenvolver competências e promover sinergias e inovação, tendo por objectivo a maximização do desempenho global de uma organização” (BSI, 2000a, p. 8).

Em literatura, a Gestão pelo Valor (GV) é descrita como um método ou metodologia, um esforço ou abordagem, um processo de tomada de decisão, um estilo de gestão ou até uma filosofia, no sentido em que esta tem de ser introduzida no modo de pensar de uma equipa de projecto (Velo, 2009).

Apesar da multiplicidade de descrições, é unânime a atribuição de características benéficas para organizações que aplicam a GV. A norma BS EN 12973 (BSI, 2000a) afirma que estes benefícios estão disponíveis para consumidores e fornecedores em todos os sectores da sociedade, tanto ao nível industrial (manufatura, construção e processamento) como no sector dos serviços (públicos e privados), passando pelo nível governamental (saúde, educação e outras actividades públicas), destacando os seguintes:

- Melhores decisões de negócio, disponibilizando uma base sólida para as escolhas;
- Aumento da eficácia através da utilização eficiente do tempo e recursos;
- Melhores produtos e serviços para clientes externos através da percepção clara das suas verdadeiras necessidades;
- Maior competitividade por promover inovações técnicas e organizacionais;
- Uma cultura do valor que permite melhorar o entendimento, por parte de todos os colaboradores, dos objectivos da organização;
- Melhor comunicação interna e conhecimento dos principais factores de sucesso para a organização;
- Melhoria, simultaneamente, da comunicação e eficiência através da criação de equipas de trabalho multidisciplinares e multifuncionais;
- Decisões que podem ser sustentadas por todas as partes interessadas.

A GV envolve ferramentas de gestão específicas que devem ser aplicadas de um modo rigoroso e sistemático para atender a qualquer tipo de problemática, abrangendo questões como objectivos estratégicos ou desenvolvimento de um simples componente (BSI, 2000a). Assim, a GV pode ser implementada ao nível estratégico de uma organização, bem como em tarefas operacionais recorrendo a um vasto leque de métodos e ferramentas (específicos e complementares) focalizados na criação do valor através de uma análise funcional das soluções. A visão global do sistema de GV pode ser sintetizada como exposto na Figura 2.1.

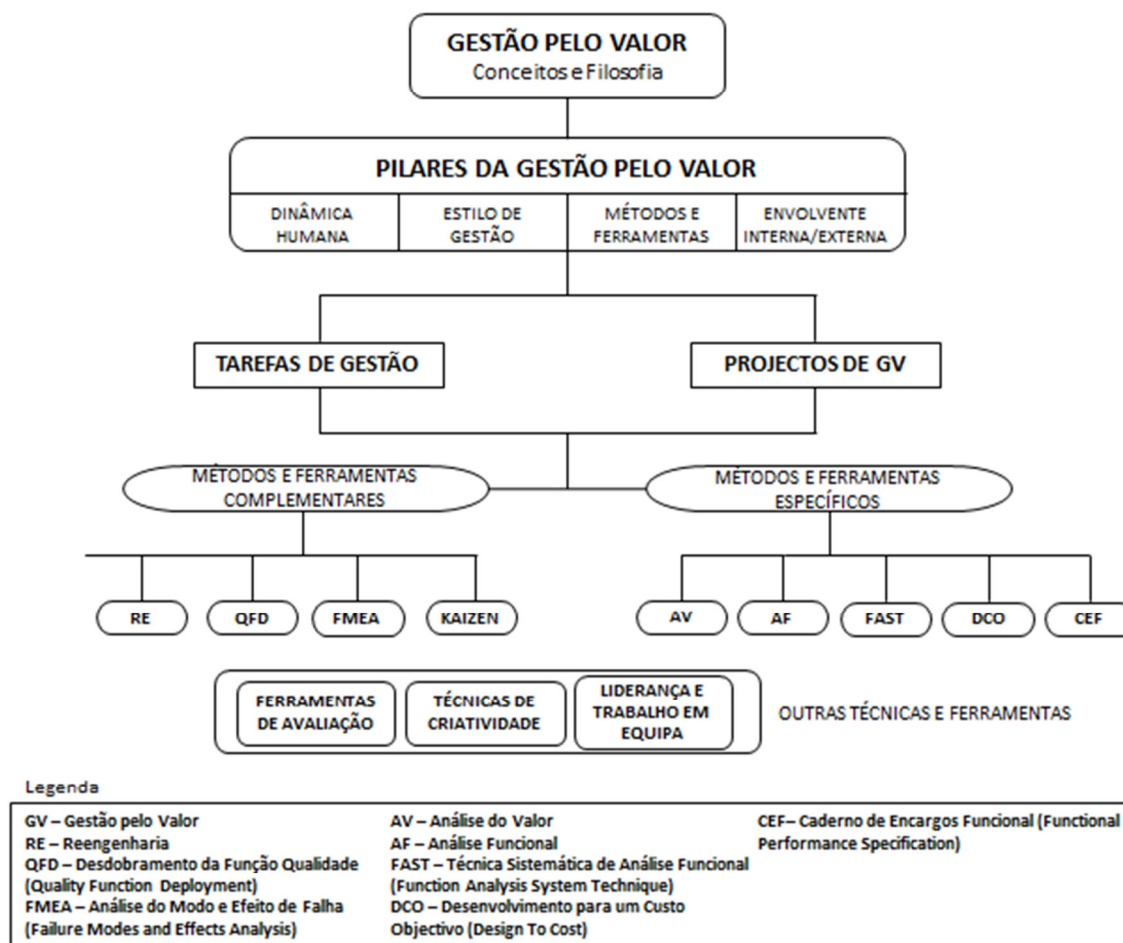


Figura 2.1 - Sistema de GV

Fonte: Adaptado de d'Espiney, 1998, p. 8

Nas próximas secções serão aprofundadas a origem histórica e o desenvolvimento da GV, bem como os termos, pilares, conceitos, princípios, métodos e ferramentas que caracterizam o estilo de gestão cuja estrutura se encontra exposta na Figura 2.1.

2.1.1 Contexto Histórico

Os primeiros registos da utilização de técnicas associadas à criação de valor surgem na Alemanha e remontam ao início do século XX. Por consequência do embargo naval da

Primeira Grande Guerra, o termo *Ersatz*, ou substituição, ganhou expressão pois os industriais alemães foram forçados a desenvolver alternativas para os seus produtos (Fewings, 2005). No entanto, segundo a literatura, foi na década de quarenta que Lawrence D. Miles, um engenheiro electrotécnico norte-americano da empresa *General Electric Co.* (GE), desenvolveu uma ferramenta de gestão que designou Análise do Valor (AV), em inglês *Value Analysis* (Dallas, 2006; Kelly, Male, & Graham, 2004; Thiry, 1997).

Como resultado da Segunda Grande Guerra, a indústria norte-americana estava a funcionar no máximo da sua capacidade, esgotando por isso a oferta de algumas matérias-primas e componentes essenciais para os processos de fabrico da GE. Segundo Kelly e Male (1998), citados por Veloso (2009), a GE tinha possibilidades de multiplicar por vinte vezes a sua produção de componentes dos bombardeiros B24 para o departamento de defesa norte-americano, Department of Defense (DOD), mas esta tarefa não podia ser acarretada pois não era capaz de dispor dos materiais necessários no mercado. Foi atribuída a Miles a responsabilidade de encontrar uma alternativa viável para esta conjuntura.

Ao notar a impossibilidade de adquirir as matérias-primas que anteriormente seriam de fácil acesso mas no momento representavam uma tarefa logística e economicamente penosa, Miles, raciocinando criativamente, aplicou uma visão funcional aos produtos. Estes seriam analisados como um conjunto de funções que correspondem a necessidades dos consumidores e não, como até então eram observados, como um rol de componentes formados apenas por características físicas.

Dallas (2006) refere que, em vez de se questionar sobre a possibilidade de encontrar fontes alternativas de materiais, Miles ponderou a função que é realizada por cada componente e que meios alternativos podem realizar essa mesma função. O seu raciocínio implicava que as funções se mantivessem inalteradas, sendo portanto satisfeita a necessidade do cliente, mas os materiais, componentes e processos utilizados para tal efeito, fossem modificados. Esta focalização naquilo que os produtos realizam foi denominada como Análise Funcional (AF), em inglês *Functional Analysis*, e o método como um todo foi intitulado Análise do Valor. Este simples conceito mostrou-se capaz de corresponder aos objectivos da GE e, segundo Miles (1989), representa regularmente um decréscimo de quinze a vinte e cinco por cento nos custos de produção sem afectar o valor para o cliente, se for aplicado nas áreas de decisão significativas.

Em 1954, a marinha norte-americana tornou-se a primeira agência governamental a implementar um programa efectivo de Análise do Valor (Kelly, et al., 2004). A sua aplicação

ao nível governamental começou por significar a inclusão, nos contractos, de cláusulas de incentivo à utilização do método e culminou na criação de uma lei, em 1996, aprovada pelo então presidente Bill Clinton, onde a secção 4306 implica que qualquer agência executiva deve estabelecer e manter processos de efectividade de custos através de procedimentos de engenharia do valor (Paley, 1998).

Em 1959 surge, nos EUA, a *Society of American Value Engineers* (SAVE), hoje e desde 1977, *SAVE International*. Esta organização foi também responsável pelo desenvolvimento do estilo de gestão, bem como da utilização generalizada nos EUA, do termo Engenharia do Valor, em inglês *Value Engineering*.

Nos países europeus, a Análise do Valor surge primeiramente nas décadas de cinquenta e sessenta. A primeira sociedade a ser formada foi, em 1966, o *Institute of Value Management* no Reino Unido, seguindo-se o *Verein Deutscher Ingenieure – Zentrum Wert Analyse* e a *Association Française pour l'Analyse de la Valeur*, respectivamente, na Alemanha em 1974, e em França em 1978 (Pires, 2000).

Em Portugal, a Associação Portuguesa para a Análise do Valor (APAV) foi constituída em 1988 e é reconhecida pelo Instituto Português da Qualidade como Organismo de Normalização Sectorial. A APAV tem como principal objectivo a divulgação e implementação da Análise do Valor em Portugal de forma sistematizada e alargada (<http://apav.com.pt>).

A aplicação em diferentes países e mercados europeus teve expressão distinta e tornou ambígua a terminologia da GV. Foi só no âmbito do programa comunitário *Strategic Programme for Innovation and Technology Transfer*, que apoiou um grupo de trabalho, o *CIT Working Group on Value Analysis* constituído por representantes de associações e organismos europeus de Análise do Valor, que foi dado o grande impulso para a clarificação dos termos e conceitos da GV e para o aprofundamento e desenvolvimento destas práticas na Europa.

2.1.2 Terminologia

Todos os processos de gestão desenvolvem a sua nomenclatura própria e a GV não é excepção (Dallas, 2006). No entanto, segundo Veloso (2009), a terminologia da GV nem sempre é usada de modo homogéneo, sendo comum encontrar em literatura expressões com vários significados ou conceitos associados a mais do que um termo.

Embora a importância da terminologia não supere a da correcta utilização dos conceitos, para que possa ser proporcionada uma leitura coerente e evitadas interpretações incorrectas, será aqui definida a terminologia a seguir nesta dissertação.

A Análise do Valor é um método inicialmente desenvolvido por Lawrence D. Miles na empresa GE, nos anos quarenta nos EUA. Miles descreveu-a como uma abordagem organizada para proporcionar as funções necessárias ao menor custo. A sua evolução levou ao aparecimento de outros termos, entre os quais, os mais utilizados em literatura são os de Gestão pelo Valor e Engenharia do Valor. O desenvolvimento em países distintos levou também a uma demarcação nas definições dos termos (Kelly, et al., 2004). A Figura 2.2 expõe as diferenças nas nomenclaturas seguidas na Europa e EUA.

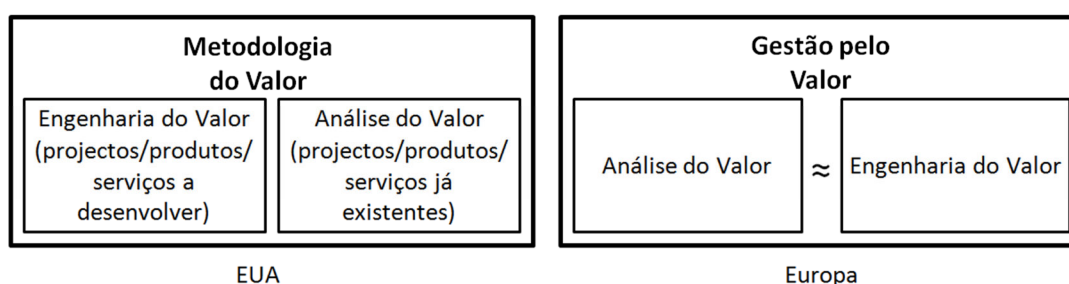


Figura 2.2 - Diferenças na nomenclatura utilizada em países diferentes

O desenvolvimento desta abordagem nos EUA levou ao aparecimento do termo Metodologia do Valor, que pretende englobar todos os outros termos relacionados com a gestão do valor, como Análise do Valor ou Engenharia do Valor. A Metodologia do Valor pode ser considerada como o equivalente à definição de GV, anteriormente descrita, e a sua aplicação considerada como uma resposta à crescente utilização deste último termo na Europa e noutros países (Male, Kelly, Gronqvist, & Graham, 2005).

A Análise do Valor é definida, nos EUA, como a aplicação da Metodologia do Valor a um projecto, produto ou serviço para atingir uma melhoria do seu valor. O termo Engenharia do Valor surge alguns anos depois para descrever exactamente o mesmo (Velo, 2009; Waddle, 2008). Curiosamente, o termo emerge da necessidade, por parte da marinha norte-americana, de usar técnicas de Análise do Valor em projectos e, tendo lugares disponíveis para contratação de engenheiros (e não de analistas), estes passaram a ser reconhecidos como engenheiros do valor (Dallas, 2006). Mais tarde, surgiu uma distinção entre os dois termos quanto ao momento de aplicação, sendo a Engenharia do Valor considerada a implementação dos conceitos do valor a um projecto, produto ou serviço na sua fase conceptual, ou seja, antes de este existir. Nesta distinção, a Análise do Valor consiste numa aplicação a um projecto, produto ou serviço já existente (SAVE, 2007).

Nos países europeus a GV é definida, como mencionado anteriormente, como um estilo de gestão que tem por objectivo a maximização do desempenho global de uma organização, e a Análise do Valor consiste num método organizado e criativo que utiliza um processo de concepção funcional e económico que tem como objectivo aumentar o valor de um objecto de Análise do Valor (BSI, 1997). Como objecto de Análise do Valor pode ser considerado um produto ou serviço existente ou em desenvolvimento, ao qual será aplicada a Análise do Valor. Nestes países, a Engenharia do Valor é apenas referida como o “termo por vezes utilizado para a aplicação da Análise do Valor a um novo produto que está a ser desenvolvido” (BSI, 1997, p. 3).

A preferência na terminologia utilizada pode, por tudo isto, depender apenas do país ou local onde são aplicados os conceitos (Thiry, 1997).

A GV será referida nesta dissertação segundo a terminologia utilizada nos países europeus. A utilização dos termos Metodologia do Valor e Engenharia do Valor será aqui preterida em relação ao uso de, respectivamente, Gestão pelo Valor e Análise do Valor. Tal opção prende-se com o facto de, como referido, os termos Gestão pelo Valor e Metodologia do Valor não demonstrarem diferenças significativas e os termos Análise do Valor e Engenharia do Valor consistirem na aplicação dos mesmos conceitos, podendo apenas ser distintos em relação ao momento de aplicação, o que se pensa não justificar a diferenciação entre os mesmos.

Em Portugal, o termo *Value Management* foi traduzido inicialmente como Gestão do Valor mas, após discussão, evoluiu para Gestão pelo Valor já que se trata de um estilo de gestão orientado para aumentar o valor em todas as actividades ligadas a uma organização (Alexandre, 2002).

Encontrando-se discutida a questão terminológica da GV, inicia-se agora a análise dos pilares e requisitos que constituem a base para o uso eficaz desta abordagem.

2.1.3 Pilares e Requisitos da Gestão pelo Valor

A GV distingue-se de outras abordagens de gestão pelo facto de incluir atributos que geralmente não se encontram juntos. No seu seio estão presentes o estilo de gestão, a dinâmica humana, a envolvente (interna e externa) e os métodos e ferramentas (BSI, 2000a).

A importância destes quatro elementos no sucesso da GV é evidenciada por vários anos de experiência em diferentes países (d’Espiney, 1998). A Figura 2.3 ilustra a sua relação.

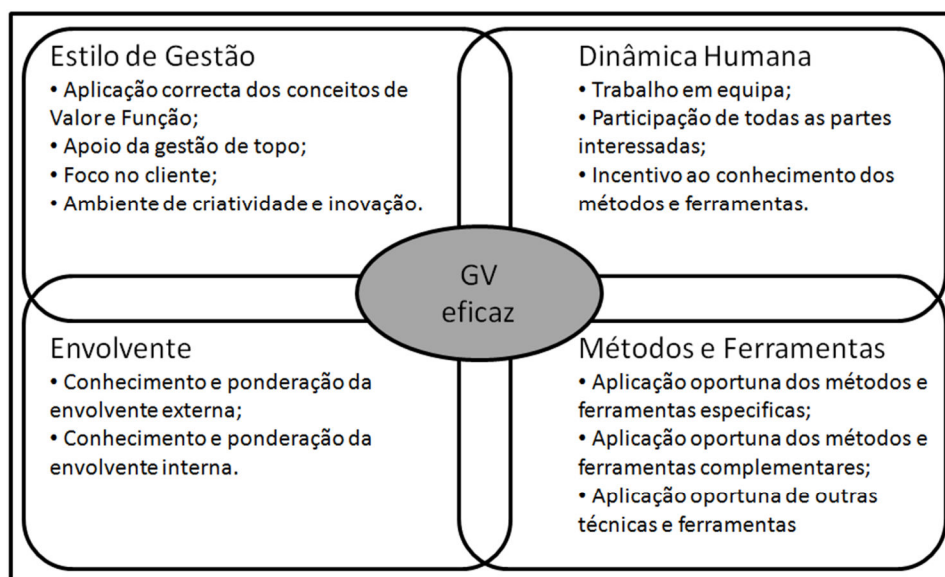


Figura 2.3 - Pilares da GV
Fonte: Adaptado de BSI, 2000a, p. 17

O estilo de gestão aqui estudado baseia-se na capacidade do gestor em fundamentar e aplicar correctamente os conceitos chave da GV, ou seja, valor e função. O envolvimento da gestão de topo é fundamental para que os objectivos sejam bem definidos, os recursos disponíveis estejam caracterizados e, essencialmente, para que os critérios de avaliação e monitorização sejam aplicados e clarificados para todos os participantes.

A correcta gestão, em GV, deve desenvolver-se num ambiente de criatividade e inovação, de constante foco no cliente e de avaliação quantitativa (BSI, 2000a). Esta atmosfera surge da dinâmica humana positiva e do uso de métodos e ferramentas criativas, ou seja, pela integração com outros eixos da GV aqui referidos.

A componente humana é essencial e constitui o recurso mais valioso de uma organização. Também na GV o factor humano constitui um elemento chave para o sucesso (d'Espiney, 1998).

A componente humana deve ser gerida de modo a fomentar o trabalho em equipa direccionado para as soluções e não para a confrontação, não destituindo, no entanto, o reconhecimento pessoal dos contributos individuais ou da equipa. O sentimento de posse dos resultados que provém de uma actividade de GV é promovido. Deve também ser criado um ambiente que proporcione aos participantes questionarem o *status quo*, de modo a que proponham alterações que aumentem o valor (BSI, 2000a).

É relevante que todas as áreas da organização (produção, qualidade, comercial, entre outras) estejam representadas na equipa de trabalho, incluindo utilizadores ou seus representantes

(deve ser tido em consideração o tamanho da equipa onde todos os indivíduos têm um contributo diferente mas essencial para a discussão). É ainda essencial que os membros da equipa conheçam os métodos e técnicas utilizadas, no entanto, deverá existir um especialista, que será o orientador de todo o trabalho, o animador de Análise do Valor.

A sobrevivência de qualquer empresa depende, em primeiro lugar, da sua capacidade de interacção com o meio envolvente (Freire, 1997).

Em GV é essencial conhecer o contexto em que se processa tanto uma acção pontual como uma intervenção continuada de introdução do estilo de gestão, pois só com o domínio deste contexto se podem seleccionar métodos e ferramentas para as situações concretas (d’Espiney, 1998).

Como envolvente externa é considerado o conjunto de condições pré-existentes, externas à empresa, sobre as quais o gestor tem pouca ou nenhuma influência (leis e regulamentos, condições de mercado, entre outros). Constituem a envolvente interna as condições, do seio da organização, sobre as quais o gestor pode ou não ter influência (política interna, *know-how* dos colaboradores, entre outros). Por vezes a gestão de topo pode alterar condições internas, modificando elementos da estratégia da organização.

Os métodos utilizados em GV dividem-se em dois tipos distintos, os específicos e os complementares, que são aplicados ao nível das tarefas de gestão, bem como na implementação de projectos de GV. As ferramentas utilizadas em organizações que se gerem pelas premissas da GV são comuns a ambos os tipos de métodos e incluem, entre outras, técnicas de criatividade, ferramentas de avaliação e formação de equipas especializadas em actividades de criação de valor.

O conjunto dos métodos e ferramentas específicos, ou seja, aqueles que se desenvolveram no seio da GV, é composto pela Análise do Valor, a Análise Funcional, a Técnica Sistemática de Análise Funcional, em inglês *Functional Analysis System Technique* (FAST), o Desenvolvimento para um Custo Objectivo (DCO), em inglês *Design To Cost*, e o Caderno de Encargos Funcional (CEF), em inglês *Functional Performance Specification*. Todos estes são analisados na secção 2.1.5, excepto os dois últimos que são descritos no Anexo I.

Os métodos complementares constituem os processos que, embora não desenvolvidos no âmbito da GV, são regularmente utilizados para completar e otimizar a integração da filosofia do valor.

Para a aplicação correcta da GV é necessário que estes principais eixos (estilo de gestão, dinâmica humana, envolvente e métodos e ferramentas) estejam integrados num sistema de gestão que inclua na sua estrutura todos os níveis da organização. A estruturação promove uma cultura do valor e regula o uso efectivo dos conceitos, métodos e ferramentas nas situações concretas (BSI, 2000a). Como exposto na Figura 2.4, tal estrutura engloba uma política, um programa, formação e estudos específicos de modo a integrar a GV em todas as áreas e colaboradores da organização.

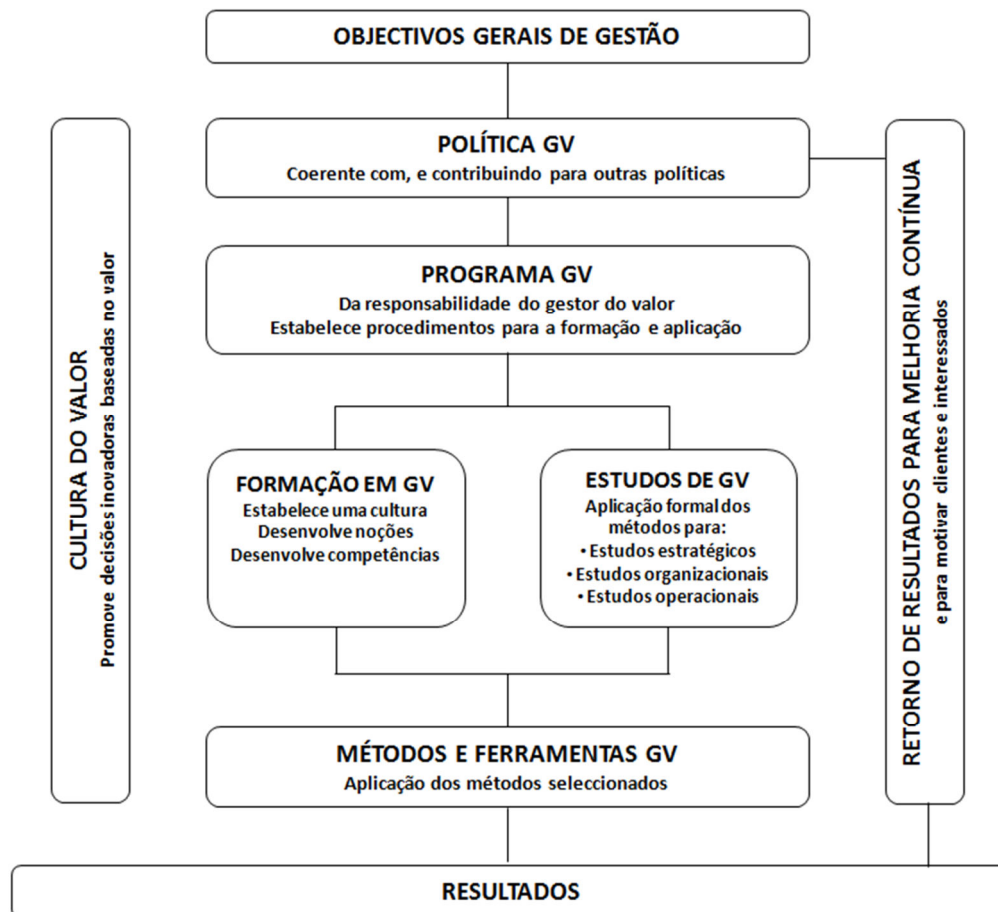


Figura 2.4 - Estrutura da GV
Fonte: Adaptado de BSI, 2000a, p. 21

Tal como se encontra sintetizado na Figura 2.4, a cultura do valor deve estar presente em todos os níveis da organização. Esta promove uma maneira de pensar específica que abrange a noção do que o valor representa para a organização e que deve ser comum a todos os colaboradores. Em todas as actividades de GV deve recorrer-se à política GV que é alinhada com os objectivos gerais de gestão e representa o padrão de actividades e objectivos. O programa GV é um conjunto de actividades planeadas e ponderadas onde se encontra descrito o modo de implementação, desenvolvimento e manutenção da política GV. Antes da implementação deste sistema de gestão, deve ser assegurado que os colaboradores estão

cientes e possuem as competências adequadas à GV. Para este efeito deve ser promovido o treino e a formação a todos os níveis da organização. Os estudos GV constituem a aplicação de um ou mais métodos a um objecto de estudo e devem encontrar-se em consonância com o programa de GV. As ferramentas e métodos utilizados contribuem para os resultados pretendidos e o ciclo deste sistema deve fechar-se pelo contínuo retorno de informação para as partes interessadas e para os clientes de modo a motivá-los a continuar e melhorar o próprio ciclo (BSI, 2000a).

Os conceitos base que permitem a ligação dos diferentes patamares de aplicação da GV são discutidos seguidamente.

2.1.4 Conceitos Fundamentais

O estilo de gestão iniciado por Lawrence D. Miles através da sua análise ao valor baseia-se em três conceitos fundamentais que alteram a percepção dos produtos e dos fins para que estes são criados. Todos os termos aqui descritos têm utilização corrente, não significando isto que a sua comum interpretação seja aquela que é seguida no âmbito da GV.

Como sugerido pelo seu nome, o conceito de valor é o centro de todo o estilo de gestão em foco. No entanto, para que se possa entender o que é de facto o valor, e ambicionar a sua criação, têm de ser amplamente clarificadas as definições de necessidade e função.

- Necessidade

“A necessidade é aquilo que é necessário ao utilizador ou desejado por ele” (BSI, 1997, p. 3).

A necessidade total do utilizador contém, invariavelmente, vários componentes distintos que devem ser discriminados e abordados de maneira diferente.

A pirâmide de Maslow, geralmente utilizada para caracterizar a necessidade do consumidor, subdivide-os e hierarquiza-os em cinco categorias. A composição da pirâmide é feita, da base para o topo, pelas necessidades fisiológicas, de segurança, de pertença, de estima e de realização. Esta hierarquia assume que o consumidor pretende realizar as necessidades dos níveis superiores apenas quando as dos níveis basilares se encontram satisfeitas (Lindon, Lendrevie, Lévy, Dionísio, & Rodrigues, 2004).

No contexto da GV, distinguem-se apenas as necessidades de uso e as necessidades de estima. A necessidade de uso é aquela que facilmente pode ser mensurável e refere-se à parte tangível

da necessidade total. Exemplificando, para alguém que queira escrever uma nota a outra pessoa, uma folha de papel é uma necessidade de uso pois deve permitir que a nota seja aí redigida.

Como indigências intangíveis e dificilmente mensuráveis, definem-se as necessidades de estima. Estas formam o segmento da necessidade ligado à subjectividade, atractividade ou moralidade. Seguindo o exemplo anterior, a folha de papel pode ter de possuir algum atributo estético ou decorativo para realizar o propósito referido.

Como descrito, as necessidades de uso são geralmente facilmente mensuráveis enquanto que as necessidades de estima apresentam, usualmente, maior dificuldade de quantificação. Para remediar este facto podem ser utilizadas técnicas de gestão como a análise custo/benefício e, se não se puder medir o grau de satisfação destas necessidades em termos monetários, a equipa de trabalho deve definir um índice que possibilite avaliá-lo, baseando-se para isso na opinião de um painel representativo do utilizador (BSI, 2000a).

Uma necessidade é uma entidade mutante, ou seja, esta pode surgir, desenvolver-se e até desvanecer-se por motivos relacionados com quem a despoletou e pode ser enunciada, estar implícita ou latente (Alexandre, 2002). Outros factores como a envolvente externa, a cultura ou a tecnologia podem também influenciar a volatilidade deste conceito.

No desenvolvimento de novos produtos ou serviços através de práticas de Análise do Valor, podem surgir necessidades que anteriormente não estavam expressas. A organização deve ter em conta necessidades de todas as partes interessadas (clientes, fornecedores, proprietários) para que estas possam ser satisfeitas, em parte ou na sua totalidade, através das funções que serão executadas pelo produto ou serviço em desenvolvimento (BSI, 2000a).

- Função

“Uma função é a acção de um produto ou de um dos seus constituintes” (BSI, 1997, p. 4).

O episódio que envolveu Miles ao explicar o valor de um relógio torna clara a sua perspectiva de função e valor. Segundo O'Brien (1976), citado por Norton e McElligott (1995), durante uma palestra, Miles perguntou à plateia qual era o valor do relógio que tinha na sua mão. Ao ouvir que o valor estava relacionado com o trabalho, materiais e custos de produção, este respondeu esmagando o relógio. O valor era agora nulo, pois o verdadeiro valor do relógio estava relacionado com a função que este fornecia.

O conceito de função, no contexto da GV, deve ser entendido como uma resposta a algo. Como Kelly et al. (2004) descrevem, uma função é uma característica activa ou acção para a qual algo é especialmente adequado, ou usado, ou para a qual existe. Mais especificamente, esta deve cumprir uma acção com o objectivo de satisfazer uma necessidade. Segundo Male e Kelly (1989), uma função é aquilo que faz um produto ou serviço funcionar, ou vender, e satisfaz uma necessidade de um cliente ou consumidor.

O enquadramento da função no ambiente da GV faz-se partindo da suposição que o objectivo final não é o produto em si mas a satisfação de necessidades através das suas acções.

Segundo d’Espiney (1998), o conceito de função exprime uma necessidade em termos de finalidade e deve descrever a acção de um produto (por produto pode entender-se bem material, processo, serviço ou outro) sem fazer qualquer referência a uma solução. Este acrescenta que no estudo de um produto é fundamental identificar inequivocamente as funções que ele deve assegurar, antes de nos concentrarmos nas soluções possíveis e que, deste modo, uma solução (um produto) é avaliada, não de uma forma genérica, mas pelo grau de desempenho de cada função.

É comum exprimir uma função através de um verbo e um nome, por exemplo, “agrafar folhas”. Esta prática de expor funções abstractamente (independentemente das necessidades ou soluções para as satisfazer) é necessária para impulsionar a criatividade e promover liberdade para explorar soluções inovadoras (BSI, 2000a).

Definido este conceito, devem ser clarificados os dois tipos distintos de funções existentes. As funções de um produto podem ser descritas como Funções Relacionadas com o Utilizador (FRU) ou como Funções Relacionadas com o Produto (FRP).

As FRU correspondem a acções que são esperadas do produto, ou por si desempenhadas, com o intuito de satisfazer, parcial ou totalmente, a necessidade de um utilizador definido. As FRP são as funções internas ao produto que permitem a realização das FRU. Esta relação pode ser encontrada na Figura 2.5.

Exemplificando a sequência que gera um produto, de modo simplista, podemos pensar na necessidade de agrupar várias folhas (a necessidade) que é correspondida pela função de agramar folhas (a FRU), que é realizada através de um mecanismo interno ao produto (a FRP) e que por sua vez leva ao desenvolvimento do agramador.

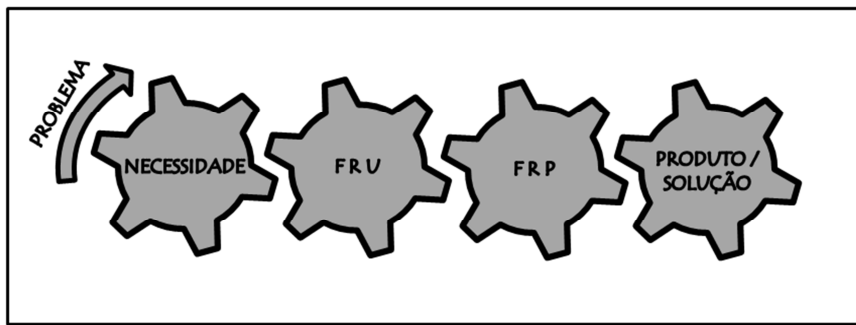


Figura 2.5 - Esquema lógico de desenvolvimento de produtos

Assim verificamos que as FRU e as FRP são as interfaces que permitem fazer a transposição daquilo que se definiu como uma necessidade, resultante de um determinado problema, para o produto que será a sua solução (Alexandre, 2002).

Em literatura, outras terminologias são usadas para distinguir os tipos de função (SAVE, 2007; Thiry, 1997). As FRU podem ser divididas em funções primárias (ou básicas) e secundárias (ou de suporte). As funções primárias podem corresponder à necessidade de uso (exemplificando, o relógio tem de mostrar as horas) e as funções e as funções secundárias satisfazer necessidades de estima (o relógio é estético). Nesta terminologia, as FRP são apelidadas de funções técnicas.

- Valor

“O valor, no contexto da GV, pode ser descrito como a relação entre a contribuição da função (ou objecto de Análise do Valor) para a satisfação da necessidade e o custo da função (ou do objecto de Análise do Valor)” (BSI, 1997, p. 3).

A palavra valor, de origem latina, comprime no seu significado uma ideia de potencial e quantidade. Este segundo atributo, quantidade, remete para a utilização de métricas na sua avaliação e constitui a característica central do conceito de valor (Fernandes, 2004).

Todos os processos de GV dependem da definição de valor. No entanto, este conceito é subjectivo, ele depende da perspectiva de quem o analisa (Veloso, 2009). Este facto deve ser tido em consideração quando é definido o valor para as diferentes partes interessadas. O conceito pode ainda variar consoante o contexto ou situação em que é avaliado. Segundo Lepak, Smith e Taylor (2007), a grande quantidade de definições do conceito de valor deve-se, em parte, a diferentes disciplinas de investigação de diferentes autores e também a fontes e alvos distintos para a criação do valor.

Porter (1990) afirma que o valor que uma organização cria para os seus clientes é medido pelo que estes estão dispostos a pagar por aquilo que a organização lhes disponibiliza. Observa

também que uma organização tem lucro quando o valor que cria excede o custo total da realização das tarefas necessárias a essa mesma criação de valor.

Genericamente, o valor é definido pela relação anteriormente descrita, ou seja, como apresenta a equação 1 e como consta na norma BS EN 12973 (BSI, 2000a).

$$Valor \propto \frac{Satisfação das Necessidades}{Recursos Utilizados} \quad (1)$$

Onde o símbolo “ \propto ” implica que existe uma relação entre os dois aspectos, sendo que esta não é matemática, pois não refere como é balanceada a relação. É sim procurado um compromisso entre os dois termos para atingir a solução mais vantajosa.

Um recurso é normalmente um custo ou preço, mas pode ser outro elemento como, por exemplo, o peso ou o tempo (d’Espiney, 1998).

Outras perspectivas similares são propostas, em literatura, para a definição do valor. No seio das normas europeias e britânicas, o valor, pode ainda ser descrito como a relação entre o investimento efectuado e os benefícios que dele provêm, como a equação 2 apresenta (BSI, 2000b).

$$Valor \propto \frac{Benefícios}{Investimento} \quad (2)$$

Dallas (2006) propõe semelhante aproximação relacionando os benefícios atingidos e os recursos utilizados, como exposto na equação 3.

$$Valor \propto \frac{Benefícios Atingidos}{Recursos Utilizados} \quad (3)$$

Estas duas últimas equações apresentam uma clara semelhança com aquelas que são utilizadas, a nível estratégico, para avaliar e comparar investimentos. O índice de rendibilidade de um projecto, por exemplo, é também calculado dividindo a soma dos *cashflows* actualizados, ou seja os benefícios que serão atingidos, pelo montante investido ou recursos utilizados inicialmente (Wright, 1990). Estas, no entanto, tendem a focar-se no investidor e não no cliente.

Kelly (2007) simplifica, como exposto na equação 4, afirmando que a razão mais utilizada é aquela que relaciona a função realizada e o custo inferido.

$$Valor = \frac{Função}{Custo} \quad (4)$$

O conceito de qualidade é introduzido na definição do valor por Dell'Isola (1997), citado por Kelly et al. (2004), através da equação 5.

$$Valor \propto \frac{Função + Qualidade}{Custos} \quad (5)$$

De novo importa referir que o símbolo aditivo, nesta equação, não representa uma operação matemática pois não refere como seria efectuada tal soma, mas representa apenas uma agregação dos dois factores. Alexandre (2002) afirma que o conceito geral para os gestores do valor é que ele representa, de uma forma simplificada, o rácio entre a qualidade e o custo. Este alerta, no entanto, que como qualidade deve ser entendida, unicamente, a capacidade de um produto em responder adequadamente às necessidades do cliente.

Thiry (1997) afirma que o rácio entre a qualidade e os custos é ainda válido mas que o conceito evoluiu desde a análise de valor de Lawrence D. Miles. Ele recompõe graficamente o balanço, assumindo as partes subjectivas do valor, através da Figura 2.6.

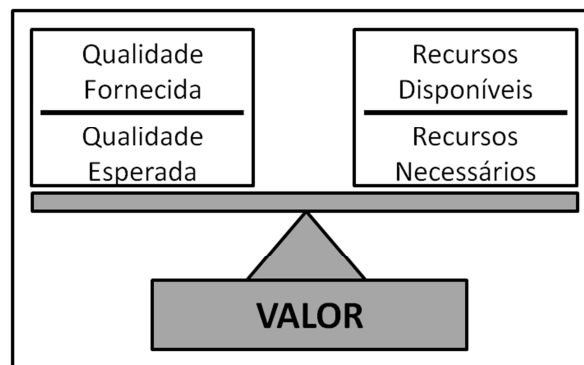


Figura 2.6 - Balança do valor
Fonte: Adaptado de Thiry, 1997, p. 8

Nesta perspectiva, se a qualidade fornecida for igual ou superior à esperada, a qualidade corresponde à necessidade e se os recursos utilizados forem iguais ou inferiores aos estipulados, a necessidade será satisfeita. O valor deverá ter então, como características, qualidade fornecida sempre superior ou igual à qualidade expectável e recursos necessários sempre iguais ou inferiores aos disponíveis.

De um modo mais pragmático, Lee, Lim, e Hunter (2010) sugerem que a medição do valor acrescentado, num projecto, pode ser auferida através da variação da performance das funções

realizadas, dividido pelo custo do ciclo de vida do projecto (que inclui essas modificações na performance), como exposto na equação 6.

$$Valor = \frac{Performance}{Custos} \quad (6)$$

As equações 4,5 e 6 apresentam uma lógica claramente menos estratégica e mais operacional e orientada para o cliente.

Kaufman (2007) discute a subjectividade do conceito, relatando um episódio envolvendo Carlos Fallon no qual este último lhe explica a diferença entre o conceito “valor” e a expressão “valer a pena” (em inglês *worth*). Fallon conclui que estas formam os dois lados da mesma moeda, sendo que a primeira representa a perspectiva do fornecedor e a segunda a perspectiva do cliente.

As visões distintas que Fallon descreve sugerem definições diferentes do valor para o cliente e organização (Alexandre, 2002). A equação 7 apresenta a primeira destas definições.

$$Valor\ para\ Cliente = \frac{Satisfação\ das\ Necessidades}{Preço + Custo\ do\ Ciclo\ de\ Vida} \quad (7)$$

O rácio entre a satisfação das suas necessidades e aquilo que vai ser despendido na aquisição do bem, somados aos custos que não estão aí contabilizados (custos do ciclo de vida do produto), perfaz o valor que o cliente atribui a um produto. Para a organização, o valor pode ser descrito através da equação 8.

$$Valor\ para\ Organização = \frac{Funções + Especificações, Constrangimentos}{Custos} \quad (8)$$

O valor para a organização pondera a realização das funções e alguns constrangimentos e especificações que permitem a concepção do produto, com os custos desses processos (custos a curto e longo prazo, tempo, materiais ou até propriedade intelectual e outros).

Todas as definições do valor apresentam algum tipo de balanço entre os aspectos positivos como a satisfação de necessidades, objectivos, funções ou qualidade e os aspectos negativos como os custos e recursos utilizados para esse propósito (Veloso, 2009). Em qualquer das definições existe um paralelismo que pondera a relação entre os objectivos a atingir (O quê?) e o modo como eles são alcançados (Como?).

Em 1776, Adam Smith (Smith & Cannan, 1977 citados por Woodhead, 2007) escreve sobre o paradoxo do valor afirmando que este pode ser dividido em diferentes tipos. Smith refere que nada é mais útil que água, mas com esta pouco ou quase nada pode ser comprado, quase nada pode ser obtido por troca directa com água. Um diamante, pelo contrário, quase não tem valor de uso, mas uma grande quantidade de outros bens pode frequentemente ser trocado por este.

Aqui estão referidos os dois principais tipos de valor e também a ambiguidade que existe quanto à valorização de um bem consoante a situação ou contexto em que nos encontramos.

Woodhead (2007) conclui que o estudo do paradoxo do valor leva-nos a acreditar que um diamante tem muito mais valor que a água mas propõe que o leitor se questione sobre a possibilidade de escolher entre um diamante ou água suficiente para beber durante um ano. Se nos encontrarmos num país desenvolvido a escolha racional parece ser obviamente o diamante, pois é-nos fácil obter água. No entanto, se nos encontrarmos num deserto, após alguns dias de desidratação, e a mesma escolha nos for proposta, a grande maioria escolherá a água para sobreviver. Ou seja, o valor altera-se constantemente, consoante as circunstâncias em que é analisado e por isso é tão difícil defini-lo.

Smith descrevia os principais tipos de valor, o de uso e o de troca. O primeiro representando o valor funcional que um bem possui (como o valor de uma pá quando se deseja abrir um buraco) e o segundo mostrando o valor que se atribui a algo quando se deseja obtê-lo. É crucial o conceito de propriedade para entender o que significa o valor de troca.

O valor total pode ainda ser subdividido em outras classes que complementam as propostas por Smith (Thiry, 1997):

- Valor de Uso – o montante de recursos despendidos para realizar um produto final que tenha o desempenho desejado;
- Valor de Estima – o montante de recursos que o utilizador está disposto a gastar por funções ligadas ao prazer (prestígio, aparência e outras), e não ao desempenho;
- Valor de Troca – o montante de recursos pelo qual o produto pode ser trocado;
- Valor de Custo – o montante de recursos despendidos para adquirir a função medida em unidades monetárias;
- Valor da Função – a relação entre a importância da função e o seu custo.

Apesar de estas categorias serem válidas, Woodhead (2007) alerta para a ponderação do valor que é efectuada como se ele existisse independentemente de tudo o que o rodeia. Este afirma

que, ao utilizar estas definições, se perde a capacidade de atingir um pensamento sistemático e por isso se negligencia o papel do contexto, na análise do valor.

De novo, o valor, independentemente do tipo ou da entidade para quem é avaliado, depende do contexto em que é medido.

Sobre a ambiguidade do conceito, também Kelly et al. (2004) afirmam que devem ser incluídas as noções de utilidade e satisfação. Estes referem a existência inequívoca de uma parte objectiva e outra subjectiva na definição do valor. A primeira referindo-se à parte tangível ou económica do valor, composta por custos e valores monetários e a segunda constituída por partes intangíveis como a satisfação, os benefícios ou o julgamento obtidos através do uso do produto.

Esta noção de subjectividade ou intangibilidade do valor é normalmente menosprezada em outras metodologias que tendem a exprimir benefícios apenas em termos de redução de custos.

Apesar da subjectividade do conceito, da dificuldade latente para que a sua definição envolva todas as partes interessadas, considere as partes distintas que o compõem e tenha em consideração o contexto envolvente, d'Espiney (1998) simplifica, afirmando que o valor é uma relação que permite comparar soluções, procurando avaliar alternativas e tomar decisões tão objectivamente quanto possível. Continua, concluindo, que uma solução ou produto é tanto melhor quanto maior for o seu valor.

Encontrando-se analisados os seus conceitos base, podem agora ser revistos os principais métodos e ferramentas pertencentes à GV.

2.1.5 Principais Métodos e Ferramentas da Gestão pelo Valor

– Análise do Valor

A Análise do Valor constitui a base sobre a qual todo a GV se desenvolve. Actualmente, é o método mais frequentemente utilizado em estudos de GV e é definido como uma abordagem criativa e organizada que utiliza um processo de desenvolvimento funcional e económico com o intuito de aumentar o valor de um objecto de Análise do Valor (BSI, 2000a).

Um estudo de Análise do Valor consiste na aplicação dos conceitos da GV a um objecto de Análise do Valor e tem como objectivo principal o aumento do valor do projecto (SAVE, 2007).

Zimmerman e Hart (1982), citados por Lee et al. (2010), definem a Análise do Valor pelo que é ou não verdade sobre o conceito. Estes indicam que a Análise do Valor é uma técnica de gestão sistemática e multi-disciplinar, mas não pode ser considerado um processo de controlo de qualidade, de redução de custos ou de revisão de projectos.

A implementação da Análise do Valor é efectuada através de um plano de execução. Este é considerado o roteiro para a definição da tarefa necessária e determinação da combinação de elementos mais económica que realiza esta mesma tarefa (Lee, et al., 2010).

O plano de trabalho é estruturado através de várias fases que completam o estudo do objecto Análise do Valor. Em literatura, podem ser analisados vários conjuntos de etapas para o plano de execução que contêm desde seis (SAVE, 2007) a dez fases (BSI, 2000a).

Com o intuito de clarificar todas as possíveis fases do plano de acção em foco, descreve-se no Quadro 2.1 o conjunto de dez fases de implementação constantes na norma BS EN 12973 (2000a), bem como os contornos da sua execução e os participantes que nela devem intervir.

Kelly, et al, (2004), referem que todos os tipos de planos provêm do plano original de execução de Miles, que consistia em sete fases (orientação, informação, especulação, análise, planeamento do programa, execução do programa e, por último, sumário e conclusão). Todos estes conjuntos de etapas consistem, invariavelmente, na aplicação dos mesmos conceitos basilares de visão funcional e aumento do valor e a disparidade no seu número resulta, sucintamente, da aglomeração de várias etapas numa só ou na distinção das mesmas.

Thiry (1997) salienta vantagens do seguimento de um plano de trabalho como a obtenção de melhores resultados pela sistematização do processo ou o uso mais eficiente do tempo disponível. Veloso (2009), no entanto, alerta que uma abordagem estruturada pode ser entendida como um método pouco flexível de realizar várias actividades e que tal facto, embora não intencionalmente, pode tornar-se uma restrição. Este afirma que a estrutura deve apenas servir de orientação e que as actividades das diferentes fases devem ser estabelecidas tendo em consideração diferentes contextos particulares do projecto e idiossincrasias dos participantes.

Quadro 2.1 - Plano de trabalho de um estudo de Análise do Valor

Fase	Actividades	Órgão de Decisão	Animador AV/Líder de Projecto	Equipa AV	Dep. Operacionais
Fase Preliminar	Viabilidade, Rendibilidade e Risco do projecto Nomeação do Animador AV e Órgão de Decisão	R			P
Definição do Projecto	Objectivos (em coerência com a estratégia geral) Análise de mercado e de recursos existentes Instrução preliminar aos participantes	R	P		P
Planeamento	Constituição da equipa de trabalho Agendamento inicial		R		
Informação	Informação técnica, económica e de mercado Informação bibliográfica, patentes e regulação		R	P	P
Análise Funcional	Expressão da necessidade e análise funcional Análise de custos de funções Estabelecimento de critérios de avaliação		R	R	P
Criatividade / Ideias	Recolha de ideias já existentes Criação de novas ideias e análise crítica		R	R	P
Avaliação de Soluções	Avaliação e integração de ideias Escolha de solução a desenvolver e programação de desenvolvimento		P	P	R
Desenvolvimento de Propostas	Estudos, testes, desenvolvimento industrial Avaliação de ideias (económica e qualitativamente)		R	R	P
Apresentação de Propostas	Seleccção das soluções a apresentar Desenvolvimento do programa de implementação Decisão pelo Órgão de Decisão	R	R	R	P
Implementação	Suporte à implementação (acompanhamento e possível correcção de desvios) Avaliação de resultados (comparação com objectivos)	R	P		R

R – Responsável; **P** - Participante

Na realização das actividades descritas, a utilização de ferramentas variadas é comum. Para além daquelas que se encontram presente na Figura 2.1, as mais comuns, podem ainda ser utilizadas ferramentas tão distintas como a análise SWOT (*Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats*), análise de forças, fraquezas, oportunidades e ameaças de um produto ou sistema, *Mindmaps*, técnica criativa para desenhar e avaliar ideias

estruturadamente, ou outras (Thiry, 2001). Lee, et al. (2010) referem que, analisando todas as fases da Análise do Valor, podem ser somadas cerca de vinte e duas técnicas individuais aplicáveis.

Uma equipa de Análise do Valor deve ser constituída por representantes de todas áreas ou secções envolvidas no projecto, ou estudo de valor, de modo a obter consenso nas decisões tomadas e que estas ponderem todas as necessidades e restrições inerentes. Os estudos de Análise do Valor, tradicionalmente, são desenvolvidos com recurso a uma equipa de especialistas externa à organização. Este método é criticado pela falta de sentimento de propriedade nas acções definidas e pela criação de um ambiente de concorrência entre a equipa de desenvolvimento do produto, serviço ou projecto e a equipa de especialistas (Thiry, 1997).

Male, Kelly, Gronqvist e Graham (2007), numa análise de *benchmarking* à utilização da GV, identificam quatro estilos de estudos diferenciáveis, expostos na Figura 2.7, que variam pelo tipo e composição da equipa de Análise do Valor.

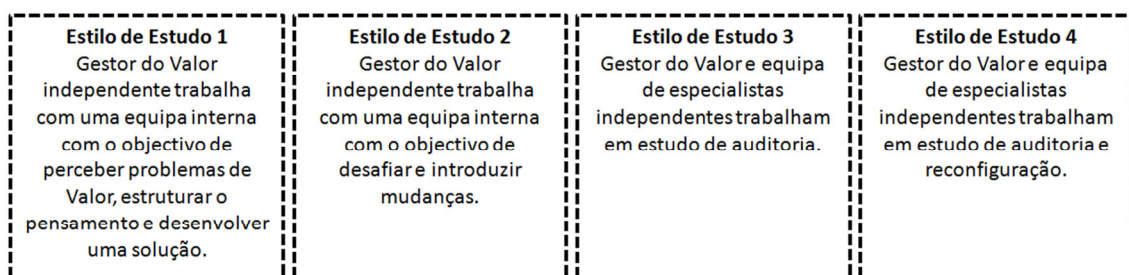


Figura 2.7 - Estilos de estudo em GV
Fonte: Adaptado de Male, et al., 2007, p. 110

O primeiro estilo representado destina-se a um alinhamento do sistema de valor e tem como vantagem a sua celeridade e eficiência, bem como o fomento da partilha de informação e o foco na resolução do problema real.

O segundo caso é considerado o estudo habitual realizado no Reino Unido e pretende reconfigurar o sistema de valor. Os benefícios que dele provêm incluem um relativo baixo custo e a alta probabilidade de implementação das soluções idealizadas pois os seus autores serão, geralmente, quem estará encarregue da sua execução. Este tipo de estudo, no entanto, depende excessivamente da capacidade do gestor do valor em conseguir desafiar as percepções, atitudes e ideias pré-concebidas dos restantes participantes. Este facto tende a tornar-se mais crítico quando aumenta a complexidade do problema.

O estilo de estudo seguinte consiste num serviço de consultoria efectuado por uma equipa de especialistas independentes que implementam uma análise de auditoria ao sistema de valor. A principal vantagem provém do facto de existir uma nova equipa que analisa o projecto e consegue lidar com qualquer nível de complexidade, e também ultrapassar problemas de política e burocracia interna. Esta implementação, muito utilizada no sector público norte-americano, requer um alto consumo orçamental e temporal e exige longas curvas de aprendizagem por parte da equipa externa.

Por fim, o quarto tipo de estudo representa um modelo híbrido que integra os anteriormente referidos e leva à auditoria e reconfiguração do sistema de valor. Ao contrário dos dois primeiros estudos, a equipa desenvolve o seu serviço através de um papel de consultoria, sendo no entanto responsável por trabalhar em conjunto com o cliente para desenvolver e implementar soluções. Ao implementar tal solução, a equipa de Análise do Valor é responsabilizada pelas suas opções e recomendações efectuadas, permitindo este facto, que a sua motivação e envolvimento introduzam maiores benefícios na organização, sistema, projecto ou produto.

Hunter e Kelly (2007) discutem a duração dos workshops ou reuniões necessárias à realização das fases de um projecto de Análise do Valor. Estes afirmam que, geralmente e principalmente nos EUA, a duração do projecto até à implementação é de cerca de três a cinco dias, naquele que é conhecido como o *workshop* das 40 horas. No entanto, segundo os mesmos autores, no Reino Unido e em outros países surge a tendência de reduzir esta duração para cerca de um dia. As grandes diferenças que resultam nesta disparidade incluem, para além da composição da equipa de Análise do Valor, o facto de, no caso norte-americano, ser realizado trabalho individual por cada participante, enquanto que no Reino Unido, geralmente todo o trabalho é realizado por todo o grupo ao longo das fases do projecto.

– Análise Funcional

Apesar do termo Análise Funcional nunca ter sido utilizado por Lawrence Miles, a sua implementação é claramente fundamental para o sistema da GV (Spaulding, Bridge, & Skitmore, 2005).

A fase de Análise Funcional num estudo de valor é crucial para a metodologia, tendo já sido considerada, historicamente, a única característica diferenciadora da GV em relação a outros estilos e abordagens de gestão (Male, et al., 2007). O método da Análise Funcional obriga todas as partes interessadas a pensar em termos de objectivos e resultados finais (Thiry, 2002).

Segundo o conceito de função anteriormente descrito, esta representa a acção de um produto ou de um dos seus constituintes e deve ser avaliada através de indicadores (de níveis e flexibilidades). A análise segundo esta definição permite que os participantes se abstraiam de soluções pré-definidas e recorram à criatividade para desenvolver soluções inovadoras para novos produtos ou para comparar produtos existentes.

A implementação da Análise Funcional é efectuada por uma equipa multi-disciplinar que abrange colaboradores que representem todas as áreas da organização ligadas, directa ou indirectamente, a qualquer uma das fases do ciclo de vida do produto. A implementação surge dividida em cinco fases (BSI, 2000a):

- Fase 1 – Identificação e listagem;
- Fase 2 – Organização;
- Fase 3 – Caracterização;
- Fase 4 – Hierarquização;
- Fase 5 – Avaliação.

A identificação das funções é feita através de um verbo (que exprime a acção a realizar) e um nome (que indica o elemento em que a acção é exercida), de modo a que o seu objectivo seja clara e brevemente entendido. Esta primeira fase deve ser absolutamente extensiva para que nenhuma função seja esquecida.

Ao organizar as funções (em forma de tabela, árvore funcional ou modelo) pretende-se obter uma lista ordenada das funções que devem ser tidas em conta ao longo do desenvolvimento do produto. Para as FRU, a Análise Funcional estabelece as necessidades a ser satisfeitas e, para as FRP, será fornecida informação relativa à maneira como estas são respondidas.

Até este ponto apenas será analisada a natureza qualitativa das funções. A terceira fase da Análise Funcional permite que a performance expectável seja quantificada para as diferentes funções. Devem ser descritos os níveis expectáveis de performance das funções, bem como meios para atingi-los, ponderando sempre as necessidades dos clientes futuros. Os riscos que provêm da utilização do produto e as possibilidades de ocorrência de falhas são aqui descritos e tomados em consideração. Este estágio estará completo se forem criadas condições para que possam ser descritas as possibilidades de variação nos níveis de performance das funções (a sua flexibilidade descrita por classes e por rácios de custo/benefício ou outros).

Seguidamente, as FRU são hierarquizadas por ordem de importância para o consumidor. A todas as funções deve ser atribuído um peso criando uma quantificação da ordem hierárquica.

É comum recorrer-se a matrizes de ponderações para hierarquização das funções, como a que a Figura 2.8 apresenta.

	B	C	D	E	F	Total - Peso Absoluto	Peso (%)
A							
B							
C							
D							
E							
F							

Nível de Preferência:
1 - Preferência Ligeira
2 - Preferência Média
3 - Preferência Elevada

Figura 2.8 - Exemplo de matriz de ponderação de funções
Fonte: Adaptado de Thiry, 1997, p. 65

Esta matriz, que se preenche com a letra da função considerada de maior importância e com um número que quantifica esta relação, pretende exactamente criar uma hierarquia entre as funções e medir a distância entre estas importâncias.

Por fim, as funções são avaliadas no seu estado actual. Esta apreciação não constitui uma definição dos custos, mas sim das expectativas do cliente em relação a cada função para que estas sejam ponderadas ao longo de todo o desenvolvimento do produto. No âmbito da GV, recorre-se geralmente a matrizes de avaliação e comparação que permitam esta análise qualitativa (Thiry, 1997). Um dos quadros que permite avaliar o valor fornecido é a matriz do perfil de qualidade, exemplificado na Figura 2.9.

	Funções					
	A	B	C	D	E	F
Coef. Ponderação (Φ)						
S (factor de satisfação de 0 a 10)						
Mínimo Aceitável (Sma)						
Produto Existente (Spex)						

$\sum(\Phi \times S)$	Custo	Valor

Figura 2.9 - Exemplo de matriz do perfil da qualidade

Fonte: Adaptado de Alexandre, 2002, p. 83

A linha referente ao coeficiente de ponderação é preenchida com os pesos das funções que foram atribuídos numa matriz de ponderação ou outra.

Em seguida são atribuídos factores de satisfação definidos pelo grupo de trabalho da Análise Funcional. Estes valores são determinados seguindo uma escala numérica, que pode variar entre 0 e 10 ou entre outros valores pela equipa decididos.

Na matriz deve ficar descrita a Satisfação mínima aceitável (Sma) para cada função e o seu estado actual de desempenho, ou Satisfação do produto existente (Spex), segundo a escala escolhida. Seguindo a definição de valor da GV que anteriormente se analisou, o valor corresponde à relação entre a satisfação das necessidades e o uso de recursos para este fim. Logo, ao multiplicar estes valores pelos correspondentes coeficientes de ponderação e dividindo este resultado pelo custo total do produto, obtém-se o valor da solução actual.

Esta matriz pode também ser utilizada, posteriormente na fase de Avaliação de Ideias da Análise do Valor, para comparar soluções propostas e medir o valor que se pretende que seja fornecido ao consumidor.

– Técnica Sistemática de Análise Funcional (FAST)

Uma das técnicas mais utilizadas na Análise Funcional é o diagrama FAST, desenvolvido em 1960 por Charles Bytheway (Bytheway, 2005).

O FAST é composto por uma estrutura que pretende organizar funções logicamente e a sua criação terá sido influenciada pelos conceitos de *Work Breakdown Structure* e *Critical Path Method*. Existem duas vertentes da ferramenta, o FAST orientado tecnicamente, que pode ser designado como FAST técnico, e o FAST orientado para o cliente, podendo este ser designado como FAST ao cliente (Thiry, 1997).

Thiry (1997) afirma que às duas vertentes da ferramenta correspondem vantagens distintas. O FAST técnico obterá melhores resultados quando aplicado a um produto já existente, já o FAST orientado para o cliente tem melhor aplicabilidade em novos produtos. O primeiro tipo de ferramenta referido funcionará melhor no caso de um produto existente pois o seu âmbito restringe a equipa ou individuo a um componente específico e porque não é necessário iniciá-lo com uma função de maior ordem (a necessidade do cliente). A vantagem do FAST ao cliente consiste na sua capacidade de descrever produtos completos num só esquema e de insistir que a reflexão se foque na necessidade do cliente, começando o diagrama com a sua necessidade real.

A construção básica do FAST é feita segundo um conjunto de regras bastante simples, como consta na Figura 2.10.

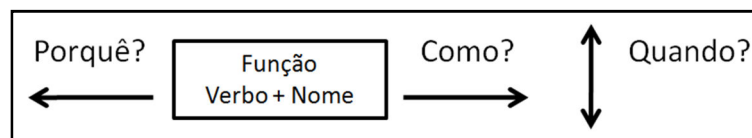


Figura 2.10 - Regras básicas de construção do FAST

A leitura do diagrama é feita, de função em função, da esquerda para a direita, respondendo à questão “Como?”, e da direita para a esquerda, respondendo à questão “Porquê?”.

Como ilustra o exemplo genérico de um FAST técnico da Figura 2.11, o diagrama está limitado tanto à esquerda como à direita por duas linhas e, entre estas, está representado o âmbito do problema em estudo. Funções que ocorram ao mesmo tempo podem ser distribuídas numa mesma linha vertical no diagrama. Situada à esquerda da linha vertical mais à esquerda no diagrama, deve encontrar-se a função de maior nível hierárquico que representa, de facto, a necessidade a ser satisfeita.

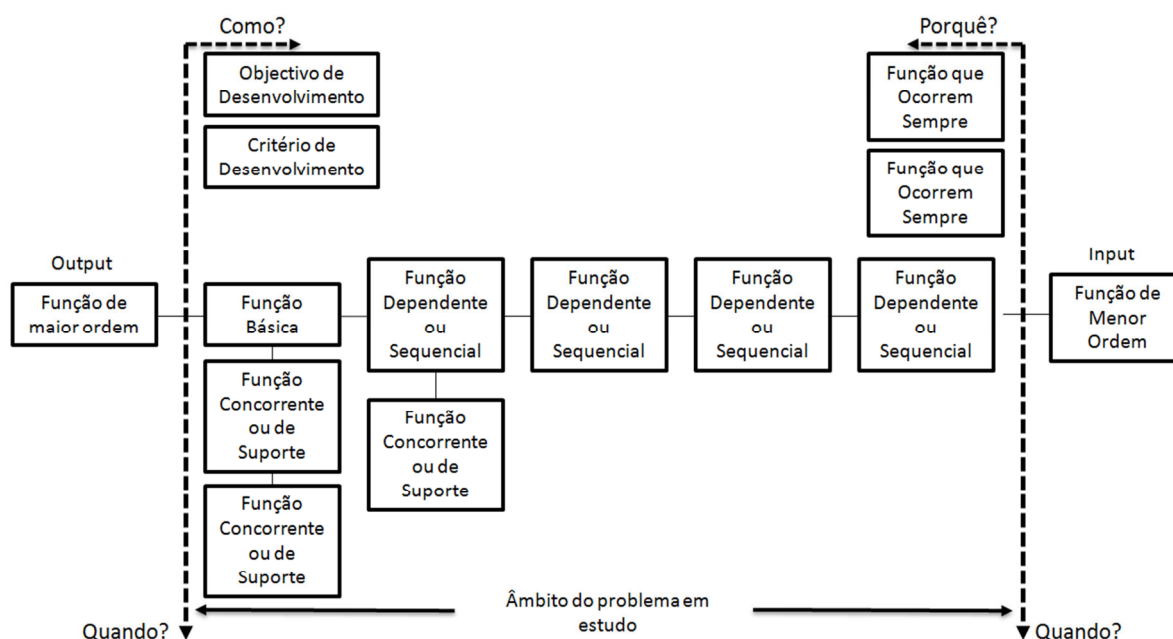


Figura 2.11 - Exemplo de FAST técnico
Fonte: Adaptado de Thiry, 1997, p. 51

Segundo Dell’Isola (1982), citado por Stocks e Singh (1999), o diagrama foca-se em responder às questões “Qual é o problema?”, “Porque é necessária uma solução?” e “Como pode ser realizada a solução?”. As dúvidas, observações e questões que possam surgir na construção do diagrama FAST, são benéficas para a equipa de trabalho pois favorecem o pensamento criativo (BSI, 2000a).

Quanto ao uso desta ferramenta em processos, Bolton (2005) afirma que, antes de começar a preencher o diagrama FAST deve ser feita uma lista de funções relacionadas com o processo específico (compostas por um verbo activo e um nome mensurável). Para iniciar a construção do FAST técnico, ou seja, para definir a função de maior ordem (que sai da lista a realizar), devemos questionar-nos sobre o que é suposto o produto (processo neste caso) fazer para o cliente final. De seguida, é usada a questão “Como?” para que seja descrita a função principal do processo. O mesmo procedimento realça o seguimento do processo através das funções secundárias até à função de menor ordem. Deve sempre ser testada a lógica do esquema usando a questão “Porquê?” no sentido oposto ao da realização do FAST.

Por fim podem permanecer funções da lista inicial que não estão ainda incorporadas no FAST. Ainda segundo Bolton (2005), estas funções pertencem a uma de duas categorias, funções que acontecem sempre ou funções relacionadas com o desenho do processo. Este alerta para definições divergentes entre os utilizadores do FAST, mas propõe que as primeiras sejam consideradas como funções essenciais ao cliente, sem as quais o cliente não estaria sequer disposto a negociar com o fornecedor. As segundas devem ser vistas como funções que criam custos (em inglês *cost drivers*) quando não são tidas em consideração ou não são fornecidas. Estas não são essenciais ao processo pois este pode ocorrer mesmo quando não são realizadas mas podem fazer com que o produto não corresponda a especificações, requisitos de durabilidade, custos esperados ou objectivos de qualidade.

O diagrama FAST não deve ser considerado um produto ou resultado final, mas sim a base para a aplicação de uma grande variedade de ferramentas e técnicas de análise (Cariaga, El-Diraby, & Osman, 2007).

Encontrando-se analisadas as principais características da GV, podem agora ser examinadas as particularidades da Produção *Lean* (PL), de modo a que possam ser discutidas as áreas onde a integração de conceitos e ferramentas poderá ter impacto.

2.2 – Produção *Lean*

A abordagem *Lean* é “(...) uma maneira de fazer mais e mais com menos e menos – menos esforço humano, menos equipamento, menos tempo e menos espaço – enquanto nos aproxima cada vez mais do objectivo de fornecer aos clientes exactamente o que estes querem” (Womack & Jones, 1996, p. 15).

Em literatura, a PL é descrita de variadas maneiras, entre as quais, como um sistema (Wilson, 2010), uma filosofia ou maneira de pensar (Womack & Jones, 1996), uma estratégia (Punnakitikashem, Somsuk, Adebajo, & Laosirihongthong, 2009), uma prática de gestão multi-dimensional (Eswaramoorthi, Kathiresan, Prasad, & Mohanram, 2011) ou uma abordagem (Hines, Holweg & Rich 2004).

Apesar das vastas definições, em literatura, é unânime a origem e o propósito da PL. Esta é originária do Sistema de Produção Toyota, em inglês *Toyota Production System* (TPS), e pretende a criação de valor para o cliente através da eliminação do desperdício (Herron & Braiden, 2007; Hines, et al., 2004; Wilson, 2010; Womack, Jones, & Roos, 1990). Em paralelo com poucas outras, a PL tem sido reconhecida como uma das mais eficientes e eficazes estratégias globais de operações que uma organização pode adoptar (Punnakitikashem, et al., 2009).

Segundo Wei (2009), esta abordagem é hoje o paradigma predominante na indústria automóvel. No entanto, a sua aplicabilidade estende-se a qualquer indústria e existem, hoje, vários exemplos de aplicação da PL nas mais vastas áreas. Os benefícios que podem ser alcançados pela sua implementação em áreas fabris incluem (Zimmer, 2000 citado por Pavnaskar, Gershenson, & Jambekar 2003):

- Defeitos reduzidos em 20% ao ano, sendo possível atingir zero defeitos;
- Tempos de entrega reduzidos em mais de 75%;
- Redução do inventário em mais de 75%;
- Melhorias de 10%, ou mais, na utilização de mão-de-obra directa;
- Melhorias até 50% na utilização de mão-de-obra indirecta;
- Aumento de 50% da capacidade nas instalações actuais;
- Redução de 80% no espaço necessário na linha de montagem;
- Redução de 80 a 90% em tempos de *setup*;
- Redução de 60% nos tempos de ciclo.

A abordagem *Lean* baseia-se em cinco princípios e desenvolve-se em dois pilares de aplicação relacionados com a quantidade e qualidade fornecidas, que estão, por sua vez, associados a um vasto conjunto de ferramentas. Para que o sistema se desenvolva é necessário respeito pelas pessoas envolvidas e uma cultura de rigor e estabilidade. O panorama geral da PL pode ser caracterizado como se expõe na Figura 2.12.

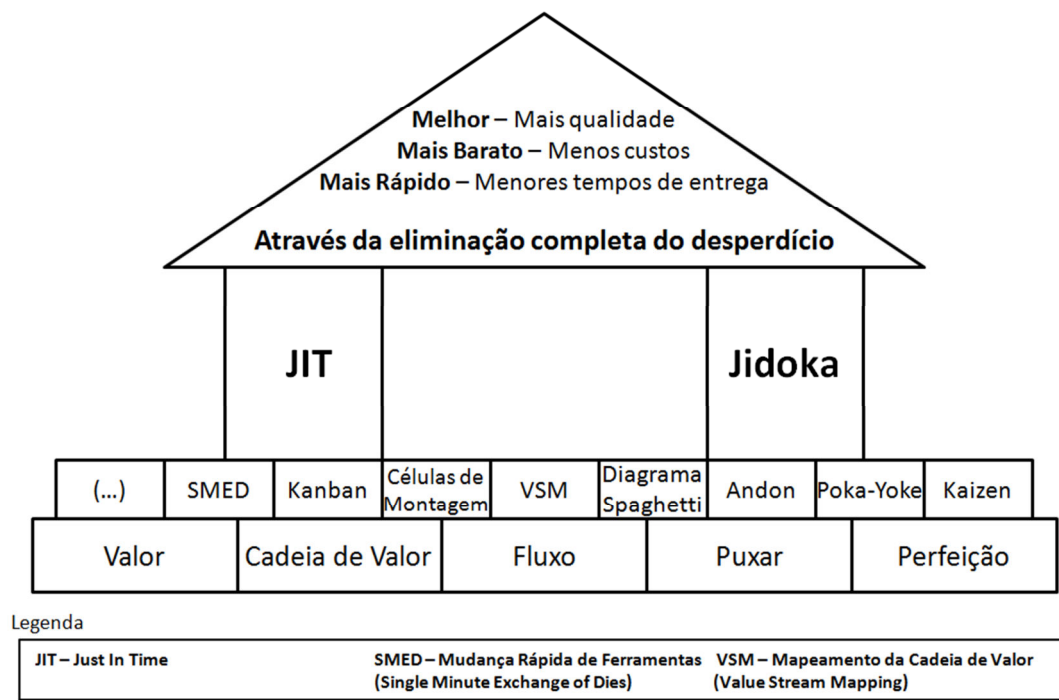


Figura 2.12 - Casa Lean
Fonte: Adaptado de Wilson, 2010, p. 300

Nas secções seguintes serão aprofundadas a origem histórica e o desenvolvimento da PL, bem como os termos, pilares, princípios, métodos e ferramentas que caracterizam o estilo de gestão exposto na Figura 2.12.

2.2.1 Contexto Histórico

O termo *Lean* surge apenas nos anos noventa, décadas após a fundação da empresa que, inegavelmente, formulou e difundiu os conceitos desta filosofia. A *Toyota Motor Company* foi o berço do TPS, cujos princípios viriam a originar toda a lógica *Lean* (Holweg, 2007; Wilson, 2010; Womack, et al., 1990). De facto, segundo Ohno (1988), foi apenas durante a crise petrolífera da década de setenta que o mundo testemunhou a anormal capacidade lucrativa da *Toyota*.

Na Figura 2.13 exibe-se aquele que foi, segundo Holweg (2007), o desenvolvimento temporal desta organização bem como os principais actores no crescimento da PL e as principais publicações sobre o tema.

Na década de trinta, a empresa japonesa *Toyota* (gerida pela família Toyoda, que por motivos de marketing alterou o nome da organização para *Toyota* no ano de 1936) especializara-se na produção de veículos militares devido a pressões governamentais, apesar de este não ser o desejo do seu dirigente, Kiichiro Toyoda, que pretendia produzir veículos comerciais.

Eventos Chave

1932 – Ohno começa a trabalhar para a Toyota Loom Works;

1935 – Kiichiro Toyoda funda a Toyota Motor Company;

1936 – Inicia-se a produção do modelo A;

1939-45 – A Ford usa produção em fluxo para produzir bombardeiros B-24 em Willow Run. Métodos semelhantes são usados na produção dos britânicos Spitfire;

1945 – A Toyota reinicia a produção de automóveis e produz 3000 veículos nesse ano;

1950 – Greves laborais quase levam a Toyota à falência. Kiichiro Toyoda demite-se e a liderança é passada a Eiji Toyoda;

1955 – A Toyota produz um total de 23000 veículos, enquanto a Ford produz mais de 8000 por dia;

1960 – Fuijo Cho começa a trabalhar para a Toyota e é ensinado por Ohno;

1973 – Primeira crise do petróleo;

1979 – Segunda crise do petróleo;

1979 – Começa, no MIT, o International Motor Vehicle Program (IMVP);

1979 – O grupo Repetitive Manufacturing Group é estabelecido pela APICS. Os membros incluem Schonberger e Hall;

1982 – A fábrica de Marysville, OH, da Honda é inaugurada;

1983 – A Nissan inaugura uma fábrica em Smyrna, TN;

1984 – A Toyota entra na *joint venture* NUMMI com a GM e reabre a fábrica de Fremont, CA;

1986 – Inicia-se o estudo mundial de fábricas de produção de automóveis, analisando setenta fábricas em várias partes do mundo;

1988 – A fábrica da Toyota de Georgetown, KY inicia a produção;

1994 – A segunda ronda do estudo mundial do IMVP é realizado por MacDuffie e Pil;

2000 – Pil realiza a terceira ronda do estudo mundial do IMVP;

2001 – Cho anuncia a “Toyota Way”;

2003 – A Toyota destrona a Ford como segundo produtor automóvel mundial;

2006 – Toyota lançada para ultrapassar a GM como maior produtor automóvel mundial.

Principais Publicações

1959 – Maxcy e Silberston usam o nº de horas de trabalho por veículo produzido para comparar, internacionalmente, níveis de produtividade;

1977 – Sugimori et al. publicam o primeiro artigo académico sobre o TPS intitulado: “Toyota Production System and Kanban System: Materialization of Just-in-Time and Respect-for-Human System”;

1978 – Ohno publica o livro “Toyota Production System” em japonês;

1978 – Jones e Prais analisam diferenças de produtividade em fábricas no artigo: “Plant size and productivity in the motor industry: some international comparisons”;

1981 – Monden publica uma série de artigos sobre o TPS em *Industrial Engineering*;

1981 – Shingo publica “A study of the Toyota Production”;

1982 – Schonberger publica “Japanese Manufacturing Techniques”;

1982 – Abernathy et al. publicam “The competitive Status of the U.S. Auto Industry” e discutem a diferença de produtividade nos E.U.A e Japão;

1983 – Abernathy et al. publicam “Industrial Renaissance” e fornecem e comparam dados de produtividade internacional;

1983 – Monden publica “The Toyota Production System”;

1983 – Hall publica “Zero Inventories”;

1984 – Altshuler et al. publicam “The Future of the Automobile”;

1986 – Krafcik apresenta os resultados do primeiro estudo mundial de fábricas de produção automóvel no artigo “Learning from Nummi”;

1990 – Womack et al. publicam “The Machine that Changed the World”, mostrando os resultados do primeiro estudo global de fábricas de produção automóvel;

1991 – Clark e Fujimoto publicam “Product Development Performance”;

1996 – Womack e Jones publicam “Lean Thinking”;

1998 – Cusumano e Nobeoka publicam “Thinking Beyond Lean”;

1998 – Koshan et al. publicam “After Lean Production”;

1999 – Fujimoto publica “The Evolution of a Manufacturing System at Toyota”;

2004 – Liker publica “The Toyota Way”;

2004 – Holweg e Pil publicam os resultados combinados das três rondas do estudo mundial de fábricas de produção automóvel em “The Second Century”.

Figura 2.13 - Principais eventos e publicações no desenvolvimento da PL

Fonte: Adaptado de Holweg, 2007, p. 434

Poucos anos depois, ao iniciar-se a Segunda Grande Guerra, a organização foi obrigada a cessar a produção. Só após o fim do conflito foi possível a Eiji Toyoda, sobrinho de Kiichiro

Toyoda, visitar as grandes fábricas de produção em massa norte-americanas num estudo de três meses destinado a compreender as boas práticas do sistema de produção que aí tinha sido instalado e a importá-las para o seu país de origem. O seu esforço mostrou-se frutífero mas, Toyoda e o seu engenheiro de produção Taiichi Ohno, cedo concluíram que a produção em massa não poderia resultar no mercado japonês (Womack, et al., 1990).

O principal entrave para a produção em massa japonesa materializava-se no facto de o mercado automóvel japonês ser bastante diminuto e a procura estar dispersa por uma larga diversidade de veículos que exigiam uma produção em pequenos lotes e em grande variedade (Holweg, 2007; Ohno 1988; Womack, et al., 1990). Foi neste panorama de necessidade e escassez que Ohno, não obstante o facto de não ter experiência alguma no ramo da produção automóvel, genialmente concluiu que o sistema de produção em massa comportava duas grandes falhas lógicas. A primeira das lacunas consistia no facto de a produção de grandes lotes implicar a criação de grande quantidade de inventários (que originam altos custos e ocupam vastas áreas de armazém) e que estes resultavam num alto número de defeitos de produção. A segunda falha consistia no simples facto de este tipo de produção ser incapaz de corresponder à diversidade de produtos que o consumidor requisitava (Holweg, 2007).

Na perspectiva de criar um sistema de produção capaz de singrar na economia japonesa e que colmatasse as falhas da produção em massa ocidental, o TPS foi desenvolvido por Ohno com especial enfoque na criação de valor para o cliente através da eliminação de desperdício (Chen & Taylor, 2009; Hines, et al., 2004; Holweg, 2007; Punnaikitikashem, et al., 2009; Ci & Li, 2008; Womack, et al., 1990).

Apesar de este sistema ter iniciado o seu desenvolvimento na década de quarenta, não se encontrou desde logo encerrado o seu aperfeiçoamento. Segundo Holweg (2007), podemos sentir-nos tentados a concluir que Ohno teria inventado um novo conceito de produção até 1948 mas, de facto, foi só após um ciclo de aprendizagem iterativo que se estendeu durante décadas que se alicerçou o TPS. O autor prossegue afirmando que, mais do que qualquer outro aspecto, é esta capacidade dinâmica de aprendizagem que se encontra no coração do sucesso do sistema.

O grande marco na história internacional da PL surge apenas em 1990 com a publicação do livro *The Machine that Changed the World* por Womack, Jones e Roos, que resulta de um estudo internacional de produção automóvel realizado no *Massachusetts Institute of Technology*. O *International Motor Vehicle Program* (que se iniciou em 1979 com um estudo de cinco anos intitulado *The Future of the Automobile*) formou a base para o livro referido.

Este último demonstrou as características diferenciadoras dos sistemas de produção em diversos países e as vantagens da produção japonesa, especialmente na *Toyota Motor Company*, tendo sido também responsável pela disseminação do termo *Lean* (Womack, et al., 1990).

2.2.2 Terminologia

Em relação ao termo *Lean*, que surge inicialmente como *Lean Production*, no livro *The Machine that Changed the World*, e pretendia universalizar os conceitos do TPS, é por vezes usada a palavra *magro* na sua tradução para português (e.g. Vinheiras, 2006).

Deve também ser aqui referido o facto de o termo *Lean* surgir, em literatura, de várias maneiras distintas. Alguns casos são os de Manufatura *Lean*, em inglês *Lean Manufacturing* ou Produção *Lean*, em inglês *Lean Production* (Holweg, 2007), Gestão *Lean*, em inglês *Lean Management* (Chen & Taylor, 2009) ou ainda, como é mais comum, simplesmente *Lean* (Wilson, 2010).

Os primeiros dos exemplos referidos tendem a restringir o sistema a indústrias de produção. Destes, o primeiro estará associado a organizações especificamente de produção fabril ou manufatura e o segundo dos exemplos abrangerá um maior número de indústrias de produção, como por exemplo a dos serviços. O terceiro dos exemplos espelha a extensão dos conceitos *Lean* para a gestão não operacional, ou estratégica, das organizações. Apesar de existirem diferenças na nomenclatura, os vários exemplos pretendem definir os mesmos conceitos que Ohno desenvolveu nas longas décadas de evolução do TPS e que Womack, Jones e Roos extrapolaram para outras indústrias e países, tal como sistematizado na Figura 2.13. Nesta dissertação, será utilizado o segundo dos exemplos referidos, Produção *Lean*, para referir a aplicação dos conceitos primeiramente implementados por Ohno. Tal opção prende-se com o facto de a melhoria que se visa obter, através da já referida integração de conceitos e ferramentas, pretender ter aplicabilidade em organizações de produção de bens ou serviços. Como tal, o termo Manufatura *Lean* torna-se restritivo em relação ao tipo de indústria produtiva e o termo Gestão *Lean* não se mostra adequado em relação à implementação operacional dos conceitos e ferramentas em estudo.

Embora, como referido, a PL provenha do sistema de produção da *Toyota*, segundo Wilson (2010) existem essencialmente duas diferenças entre estes. Em primeira instância, o TPS é um sistema de produção que se foca na quantidade (produção em pequenos lotes) e que foi

construído com base no controlo da qualidade. A PL é também um sistema de controlo da quantidade mas, em quase todos os casos de implementação, o sistema de controlo de qualidade é também desenvolvido de raiz. Paralelamente, o TPS é um sistema suportado pela cultura da *Toyota*, enquanto que outras organizações *Lean*, pelo menos nos primeiros anos de implementação, raramente têm a cultura forte, focalizada e madura da *Toyota*. No entanto, trabalhando arduamente este e outros aspectos, estas organizações podem atingir a excelência cultural do TPS (Wilson, 2010).

Por fim, importa referir que Womack e Jones (1996) referem-se ao pensamento *Lean*, em inglês *Lean thinking*, como um antídoto para o desperdício e aí desenvolvem os cinco princípios *Lean*. Estes afirmam que os princípios fazem parte da lógica *Lean*. Aqui será também referido o pensamento *Lean*, ou os seus cinco princípios, como parte integrante da PL.

2.2.3 Pilares e Princípios *Lean*

Segundo Ohno (1988), o sistema de produção da *Toyota* baseou-se principalmente em dois pilares, o *Just-In-Time* (JIT) e a automação, ou *Jidoka*.

Segundo o mesmo, o primeiro dos pilares surgiu como ideia de Kiichiro Toyoda que afirmou que, num sistema lógico como o da produção automóvel, a melhor maneira de trabalhar ocorreria quando todas as peças para montagem estivessem ao lado da linha de montagem mesmo a tempo (em inglês *just in time*) de serem utilizadas pelo operador. O segundo pilar do TPS proveio da experiência de Ohno na *Toyota Loom Works* (que posteriormente veio a dar origem à *Toyota Motor Company*). Segundo Holweg (2007), Ohno adoptou esta prática a partir do tear automático da organização, visto que este parava a produção sempre que o fio se partia de modo a não desperdiçar material ou tempo disponível da máquina.

Resumindo, a lógica JIT pretende fornecer exactamente a quantidade certa de materiais, no local exacto e no momento exacto (Wilson, 2010). Deste modo, desperdício é eliminado pois os tempos de espera e as quantidades em stock são reduzidos.

A lógica *Jidoka* concentra esforços na criação de sistemas inteligentes que permitam a todos os intervenientes parar o seu fluxo normal se existir algum defeito ou anomalia de modo a que todos os problemas sejam analisados e resolvidos e que nenhum destes volte a ocorrer. Wilson (2010), citando um engenheiro da *Toyota* num seminário sobre os pilares do TPS,

descreve *Jidoka* como uma maneira de usar máquinas e mão-de-obra mais eficientemente e de mostrar respeito pelos intervenientes.

O pilar *Jidoka* da PL recorre a ferramentas como o *Poka-yoke* ou os *Andon* para criar a automação inteligente pretendida. A primeira das ferramentas pretende tornar os sistemas de produção à prova de erros. Por exemplo, ao encher o depósito de um carro, o sistema desliga automaticamente a mangueira quando o depósito se encontra cheio (para não transbordar). *Andons* são dispositivos de alarme, geralmente luzes, cuja função se resume a informar aos operadores o estado do sistema, principalmente se existir alguma falha. Seguindo o mesmo exemplo, um *Andon* poderá indicar o nível da capacidade do depósito que está já cheio (Wilson, 2010).

Ambos os pilares aqui descritos têm como objectivo a criação de valor para o cliente através da eliminação do desperdício existente nos processos de uma organização. Para além destes, existe também um conjunto de princípios que constituem a lógica *Lean*, ou pensamento *Lean*, e pretendem igualmente a supressão do desperdício. Segundo Womack e Jones (1996), este conjunto de princípios pretende definir o valor para o cliente, alinhar acções que criem valor na melhor sequência, realizá-las sem interrupção quando são necessárias e torná-las cada vez mais eficientes

Na Figura 2.14 expõem-se os cinco princípios fundamentais do pensamento *Lean*, bem como a relação sequencial que compõe o ciclo da sua aplicação.

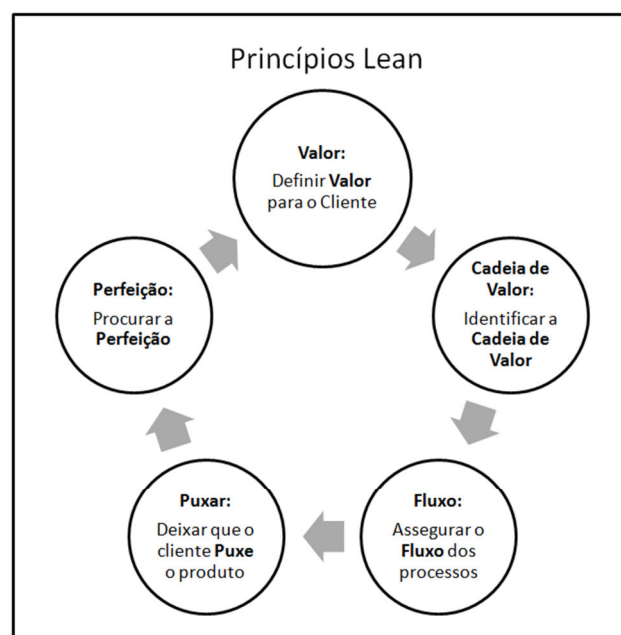


Figura 2.14 - Princípios do pensamento *Lean*

Este ciclo, cujos elementos serão seguidamente desenvolvidos, pretende permitir à organização tornar-se eficaz e eficiente nos seus processos produtivos e, como tal, tornar-se mais competitiva.

– Definir Valor para o Cliente

Wilson (2010) cita Ohno referindo-se à mudança de paradigma entre o foco em custos e volume de produção (típico do início da época de produção em massa), qualidade (que se tornou um dos maiores factores a ponderar nas década de sessenta e setenta) e o valor. Ohno afirmou que lhe era fácil entender o que a sua fábrica necessitava na sua perspectiva, mas que a verdadeira questão se prendia com a capacidade de perceber o que esta necessitava na perspectiva do cliente. A sua resposta tornou-se o propósito para todas as actividades da *Toyota Motor Company*, o valor para o cliente.

O ponto de partida crítico para o pensamento *Lean* é o valor. Este só pode ser definido pelo cliente, é criado pelo produtor ou fornecedor e só tem significado quando expresso em relação a um produto ou serviço específico (Womack & Jones, 1996). Qualquer organização deve, portanto, ter um profundo conhecimento sobre o valor que fornece ou pretende fornecer aos seus clientes e alinhá-lo com as suas principais competências (Wei, 2009).

Como exposto na Figura 2.15, Hines et al. (2004) relacionam graficamente valor e custo do produto para definir como o primeiro dos conceitos é criado.

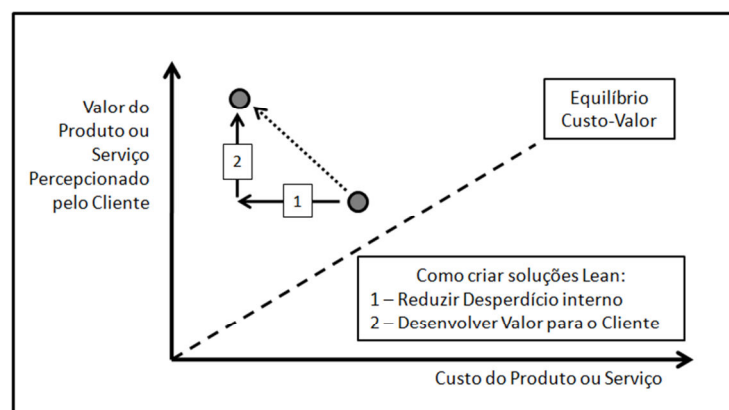


Figura 2.15 - Valor percebido versus custo do produto
 Fonte: Adaptado de Hines et al., 2004, p. 997

Segundo os autores, neste gráfico, quanto mais acima se encontrar o produto, mais interessante se torna a proposta de custo/valor para o cliente. A linha de equilíbrio entre estes dois factores denota que um produto aí colocado representa, para o cliente, exactamente a mesma quantidade de valor (ou o que este está disposto a pagar) e o custo do produto em si.

Para criar valor para o cliente é necessário que o produtor adopte uma de duas estratégias (podendo obviamente aplicá-las em simultâneo). Valor é criado sempre que o desperdício interno é reduzido, pois é possível baixar o preço do produto ou investir capital na adição de características que o cliente valoriza no produto. Esta adição de novas características (que podem variar entre características físicas ou de serviço) constitui a segunda possibilidade de melhoria da proposta de valor do fornecedor.

- Identificar a Cadeia de Valor

Sempre que existe um produto ou serviço para um cliente, existe também uma cadeia de valor. O desafio reside em vê-la (Rother & Shook, 2003 citados por Nash & Poling, 2008).

Para Womack e Jones (1996), a cadeia de valor é composta pelo conjunto de acções específicas necessárias à criação de um produto (bem, serviço ou ambos em simultâneo). Um produto atravessa três tarefas de gestão críticas, a tarefa da resolução do problema, a da gestão da informação e, finalmente, a tarefa da transformação física. Na primeira, o produto parte de um mero conceito até ao seu lançamento, passando pelo desenvolvimento e engenharia do mesmo. A segunda função prolonga-se pelo processo de encomenda, através do planeamento temporal até à entrega final e a terceira tarefa emerge da matéria-prima bruta até ao produto final nas mãos do consumidor. Através da análise de uma cadeia de valor, deve ser possível salientar as actividades que criam valor e aquelas que não o fazem, ou seja, as que representam desperdício e devem ser eliminadas.

A cadeia de valor é, em muitos casos, transversal a mais do que uma organização. O relacionamento e a falta de comunicação entre fornecedores e clientes ao longo da mesma cadeia de valor podem gerar uma grande quantidade de desperdício. Womack e Jones (1996) afirmam que o mecanismo organizacional que permite gerir tais circunstâncias é composto por uma contínua conferência entre todas as partes interessadas, a que chamam empresa *Lean* (em inglês *Lean Enterprise*).

- Assegurar o Fluxo dos Processos

Após a definição do valor para o cliente e a análise da sua cadeia de valor (e eliminadas as actividades que não acrescentam valor), deve ser garantido o fluxo do produto ao longo de toda a cadeia. Este patamar da filosofia *Lean* é geralmente difícil de atingir pois exige, por parte do gestor, uma profunda mudança de raciocínio.

Hines et al. (2002) consideram que existe fluxo quando todas as actividades da organização *Lean* ocorrem a uma taxa constante, sem atrasos ou interrupções nem qualquer tipo de loteamento.

Segundo Womack e Jones (1996), existe estabelecido no raciocínio humano uma noção de senso comum que nos compele a dividir uma organização em secções e departamentos com actividades distintas. Esta divisão permite que todos os membros dos departamentos estejam ocupados e toda a maquinaria funcione perto do máximo da sua capacidade (o que justifica investimentos avultados em máquinas dedicadas e de alta velocidade). Mas tal faz-nos pensar que a eficiência é atingida pela criação de lotes. No entanto o loteamento significa, invariavelmente, longos tempos de espera do produto no processo de mudança de departamento para que este seja trabalhado na actividade seguinte. Esta noção de distanciamento e independência dos departamentos não permite que o produto flua e o valor lhe seja acrescentado constantemente.

Resumindo, o foco deve estar sempre no produto e nas suas necessidades e não na organização ou nos recursos, de modo a que todas as actividades necessárias ao desenvolvimento, produção e distribuição do produto ocorram num fluxo contínuo (Womack & Jones, 1996).

– Deixar que o Cliente Puxe o Produto

A implementação de fluxo na produção tem como primeiro efeito visível uma redução drástica do tempo entre o desenvolvimento e lançamento do produto, entre a venda e a entrega, a matéria-prima e as mãos do cliente.

A grande consequência destas reduções prende-se com o facto de a organização poder fornecer o que o cliente quer exactamente quando este o deseja sem ter de recorrer a previsões de vendas e simplesmente produzir quando o cliente encomenda. Ou seja, a organização pode deixar que o cliente puxe o produto ao invés de empurrar produtos, muitas vezes indesejados, para o mercado (Womack & Jones, 1996). Este facto representa o quarto princípio elementar da filosofia *Lean*.

– Procurar a Perfeição

Ao tornar-se capazes de especificar o valor para o cliente, identificar a cadeia de valor, criar fluxo para os produtos ao longo das actividades que criam valor e deixar o cliente puxar valor da organização, os participantes envolvidos notam que não existe, de facto, fim no ciclo de

remoção do desperdício. O esforço, tempo, espaço, custo e número de erros podem sempre ser reduzidos (Womack & Jones, 1996).

A busca pela perfeição, melhoria contínua ou *Kaizen*, é então aplicada. Todos os princípios estão interligados e o quinto e último patamar do pensamento *Lean* fecha o ciclo de criação de valor para o cliente.

2.2.4 Conceito *Muda*

“Muda significa desperdício, mais especificamente, qualquer actividade humana que absorve recursos mas que não cria valor” (Womack & Jones, 1996, p. 15).

Na filosofia de criação de valor através da eliminação contínua de todas as acções que não contribuem para a satisfação do cliente, *Muda* (palavra japonesa que significa desperdício) pode ser subdividido em oito tipos distintos. Dos diversos desperdícios ilustrados na Figura 2.16, os sete primeiros foram identificados por Ohno, sendo que o último (apresentado a branco na figura) é proposto por Womack e Jones (1996).

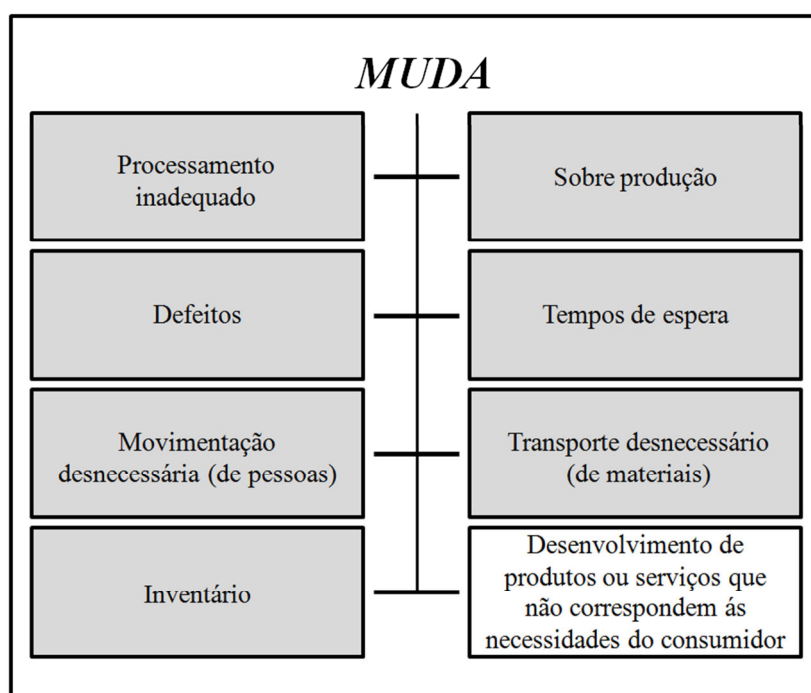


Figura 2.16 - Os oito tipos de desperdício

Processamento inadequado existe quando processos de trabalho ocorrem utilizando um conjunto errado de ferramentas, procedimentos ou sistemas (Hines, Silvi, & Bartolini, 2002). Sobre o processamento inadequado, Rich (2006) salienta a prática comum, em empresas ocidentais, de utilizar grandes e sofisticadas máquinas com alta velocidade de processamento

e no máximo do seu potencial de modo a assegurar o retorno do capital (calculado pelo número de peças trabalhadas). Manter estes equipamentos neste regime inflaciona o tamanho dos lotes e gera inventário, ou seja, mais desperdício.

Sobre produção, segundo Hines e Rich (1997), constitui o pior dos desperdícios pois impede o fluxo suave de bens ou serviços e tende a reduzir a qualidade e a produtividade. Os vários tipos de desperdício encontram-se, geralmente, interligados. No caso da sobre produção, esta gera maiores lotes que resultam em tempos de entrega e de armazenamento maiores que, por sua vez, tornam a detecção de defeitos mais tardia.

A produção de um material, que consome tempo, mas que necessita de voltar a ser trabalhado ou desmantelado constitui um defeito (Rich, 2006). O derradeiro desperdício concretiza-se em defeitos pois estes constituem custos directos para a organização. A filosofia preconizada por Ohno afirma que os defeitos devem ser analisados como oportunidades de melhoria e não como resultado de uma má gestão (Hines & Rich, 1997).

O uso ineficiente do tempo disponível gera tempos de espera, outro dos tipos de *Muda*. Este desperdício ocorre com materiais e pessoas, sempre que algum destes fica inactivo. Hines e Rich (1997) afirmam que tempos de espera ocorrem quando materiais não estão a ser movidos ou trabalhados e que, no caso dos colaboradores, o tempo sem estar a realizar operações de produção directa deve ser utilizado para treino, manutenção ou em actividades de melhoria contínua. Nunca, no entanto, para criar sobre produção.

Movimentação desnecessária resulta de má organização no espaço de trabalho. Podem ser considerados movimentos dispensáveis momentos em que o operador tem de esticar-se, dobrar-se ou levantar objectos quando estas acções poderiam ser evitadas (Hines & Rich, 1997). O segundo destes autores, Rich (2006), afirma que este tipo de desperdício (relacionado com ergonomia) é raro mas que a repetição continuada destes movimentos afecta a saúde dos operadores e pode resultar em dispendiosas acções em tribunal.

Levado ao extremo, qualquer transporte de cargas pode ser considerado desperdício logo, não sendo fisicamente possível a sua remoção total, o objectivo passa pela minimização da movimentação de bens, e não a sua total remoção. A noção de que a manipulação excessiva de materiais pode, provavelmente, levar à deterioração dos mesmos deve também ser tida em conta (Hines & Rich, 1997).

Inventário desnecessário surge quando algum material é produzido ou trabalhado em quantidade superior à necessária para o processo seguinte ou para o consumidor final. Este

desperdício tem como principais resultados, excessos orçamentais e fraco serviço prestado ao cliente que prejudicam a competitividade da organização (Hines, et al., 2002). O inventário de materiais tende a ocupar espaços, aumentar o tempo de entrega, a dificultar a identificação rápida de falhas do sistema e também desencoraja a comunicação. Logo, a criação de inventários desnecessários, apenas esconde problemas que só podem ser resolvidos através da extinção dos mesmos (Hines & Rich, 1997).

O último dos tipos de desperdício referidos na Figura 2.16 substancializa-se na criação de produtos ou serviços que não correspondem aos requisitos do consumidor. Ao falhar na identificação das necessidades do cliente, qualquer produto ou serviço está destinado à insustentabilidade e dependente exclusivamente de dispendiosas estratégias de comunicação que pretendem apenas criar a necessidade no consumidor (Womack & Jones, 1996).

A contribuição de Womack e Jones (1996) na definição de *Muda*, para além da identificação deste oitavo tipo de desperdício, tornou também possível uma outra relevante distinção que está relacionada com a sua eliminação. Segundo os mesmos, ao analisar a cadeia de valor torna-se perceptível o desperdício que lá reside e, ao fazê-lo, são geralmente encontrados três tipos de acções distintas. Vários passos observados são notoriamente criadores de valor para o cliente (exemplificando, soldagem de tubos no esqueleto de uma bicicleta), outros não criam valor mas são inevitáveis com a tecnologia e características do sistema de produção existente (inspecção da soldadura para assegurar qualidade) e, por fim, existem acções que não criam valor e podem e devem ser imediatamente removidas. O segundo tipo de acções é apelidado, pelos autores, como *Muda I* e o terceiro como *Muda II*.

A implementação prática dos pilares e princípios lógicos da PL inclui o uso de variadas ferramentas e métodos que contribuem para o objectivo da criação de valor através da identificação e eliminação de *Muda* em processos.

2.2.5 Principais Métodos e Ferramentas *Lean*

Pavnaskar et al. (2003) identificam cerca de cem ferramentas, métodos e métricas associadas à PL. Estas incluem o *Takt Time*, os *Kanban*, a Troca Rápida de Ferramentas, em inglês *Single-Minute Exchange of Dies* (SMED), as células de produção, o *Heijunka*, o *Poka-yoke* e o *Andon*, entre muitas outras.

Hines e Rich (1997) descrevem e comparam a eficácia das sete principais ferramentas de diagnóstico que devem ser utilizadas na análise de uma cadeia de valor, baseando-se para isso

na relação de utilidade e correlação destas com os tipos de desperdícios (dos sete *Muda* listados por Ohno) que se pretende reduzir ou eliminar. O Quadro 2.2 demonstra as conclusões dos autores.

Quadro 2.2 - Correlação e utilidade das principais ferramentas de diagnóstico da cadeia de valor no combate a cada tipo de desperdício

Fonte: Adaptado de Hines et al.,1997, p. 50

Ferramenta	Desperdício						
	Sobre Produção	Tempos de Espera	Transporte Desnecessário	Processamento Inadequado	Inventário	Movimentação Desnecessária	Defeitos
Mapeamento da Cadeia de Valor (Value Stream Mapping)	B	A	A	A	M	A	B
Matriz de Resposta da Cadeia de Abastecimento (Supply Chain Response Matrix)	M	A	-	-	A	B	-
Funil de Variedade de Produção (Production Variety Funnel)	-	B	-	M	M	-	-
Mapeamento do Filtro de Qualidade (Quality Filter Mapping)	B	-	-	B	-	-	A
Mapeamento da Amplificação da Procura (Demand Amplification Mapping)	M	M	-	-	A	-	-
Análise do Ponto de Decisão (Decision Point Analysis)	M	M	-	B	M	-	-
Estrutura Física (Physical Structure)	-	-	B	-	B	-	-

Legenda: A - Alta correlação e utilidade / M - Média correlação e utilidade / B - Baixa correlação e utilidade

Hines e Rich (1997) atribuem um nível de correlação e utilidade entre cada ferramenta e o tipo de desperdício que se pretende eliminar. Este nível varia desde uma alta correlação e utilidade, quando a ferramenta se mostra muito capaz de contribuir para a eliminação desse desperdício, e uma baixa correlação e utilidade, quando a ferramenta se mostra pouco eficaz na tentativa de o suprimir.

O Mapeamento da Cadeia de Valor, em inglês *Value Stream Mapping* (VSM), constitui, neste quadro, a ferramenta que melhor lida com a maior parte dos desperdícios. Esta capacidade de lidar com os vários tipos de desperdício, em especial com a movimentação desnecessária, o inventário, o processamento inadequado, o transporte e as esperas, tornam-no num ponto de interesse para o corrente estudo de investigação.

– Mapeamento da Cadeia de Valor (VSM)

O VSM é uma ferramenta originalmente desenvolvida na *Toyota* e, posteriormente, disseminada no livro *Learning to see* de Rother e Shook. O VSM é usado para realçar o desperdício na cadeia de valor de um produto (Wilson, 2010). Após a sua identificação, torna-se mais simples a sua eliminação ou redução. Esta técnica recebeu uma rápida aceitação por parte dos praticantes da melhoria contínua devido à sua capacidade de angariar, analisar e apresentar informação num curto período de tempo (Nash & Poling, 2008).

Resumidamente, o VSM consiste num mapa da cadeia de valor de um produto, serviço ou processo que expõe todos os fluxos de materiais e informação através de uma figura de fácil análise. Após a caracterização inicial do sistema que se está a diagnosticar e se pretende melhorar, chamado Estado Actual do Mapeamento da Cadeia de Valor, em inglês *Current State VSM* (CSVSM), são propostas medidas que permitam reduzir o desperdício e estas alteram a disposição do sistema, transformando-o no Mapeamento do Estado Futuro da Cadeia de Valor, em inglês *Future State VSM* (FSVSM), que, após a aplicação das alterações, representará o estado actual do sistema. A informação mais relevante que se obtém do VSM é o tempo de entrega da produção e a identificação do trabalho que cria valor.

O diagrama é composto por figuras simples que representam actividades de três naturezas distintas. Como ilustra a Figura 2.17, a primeira categoria é composta por processos, entidades, inventário e dados associados.

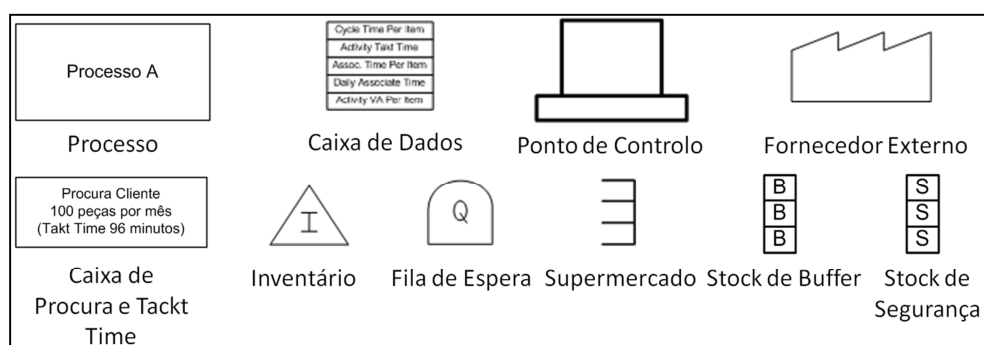


Figura 2.17 - Elementos de processos, entidades, inventário e dados do VSM
Fonte: Adaptado de Nash e Poling 2008, p. 10

Como exposto na Figura 2.18, o segundo conjunto compreende fluxos, comunicações, sinais e rótulos.

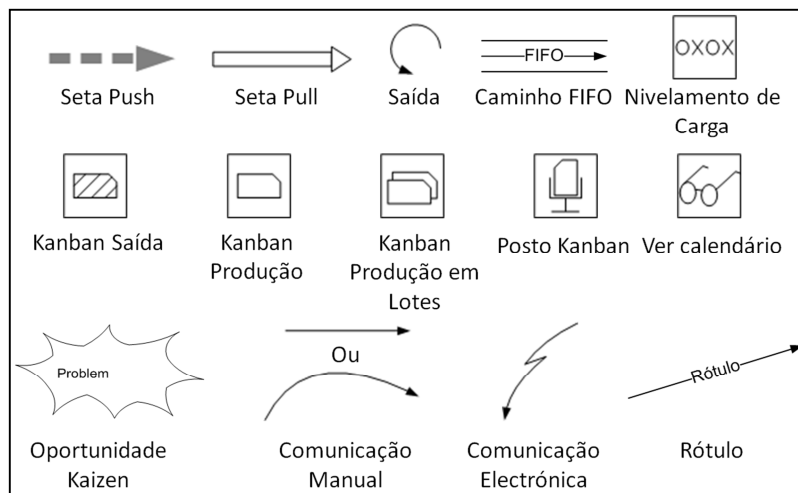


Figura 2.18 - Elementos de fluxos, comunicações e rótulos do VSM

Fonte: Adaptado de Nash e Poling 2008, p. 10

Por fim, o terceiro conjunto de elementos de um VSM é composto por colaboradores e meios de transporte, como a Figura 2.19 descreve.

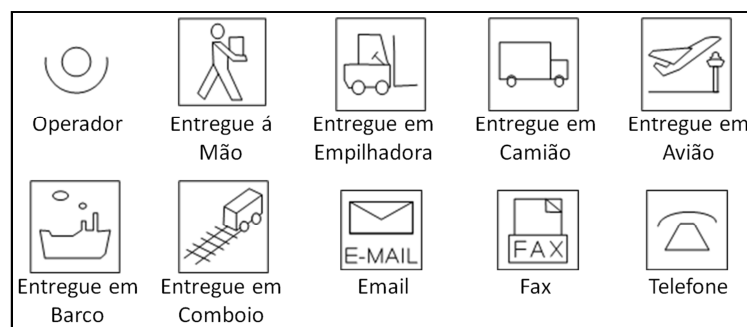


Figura 2.19 - Elementos de colaboradores e meios de transporte do VSM

Fonte: Adaptado de Nash e Poling 2008, p. 10

Embora estas figuras representem a grande maioria dos símbolos existentes, podem constar de um VSM muitos outros elementos. Nash e Poling (2008) afirmam que a grande vantagem do VSM consiste na capacidade de representar visualmente a sua cadeia de valor. Logo, é comum que cada utilizador da ferramenta crie novos elementos no seu mapa.

O mapa da cadeia de valor em si é também dividido em três secções. No topo do diagrama encontra-se a comunicação ou fluxo de informação, no centro dispõe-se o processo ou fluxo de matérias e, em baixo, ficam descritas as distâncias percorridas e a linha temporal (Nash & Poling, 2008).

Em relação aos participantes na realização do VSM, Wilson (2010) afirma que, como o objectivo é tomar acções de melhoria no processo, os responsáveis pela decisão de actuar ou

não no processo devem, pelo menos, fazer parte da equipa de projecto. Este autor denota ainda que o recurso a um especialista para a realização de todos os VSM é contraproducente, podendo-se recorrer a um tal especialista inicialmente se a organização achar que os seus conceitos não estão ainda bem disseminados. Outros, como os colaboradores que trabalham diariamente no processo devem também contribuir para o desenho do mapa (Nash & Poling, 2008).

O detalhe que o VSM descreve é também uma das características da ferramenta. As possibilidades de pormenor analisado são ilustradas na Figura 2.20.

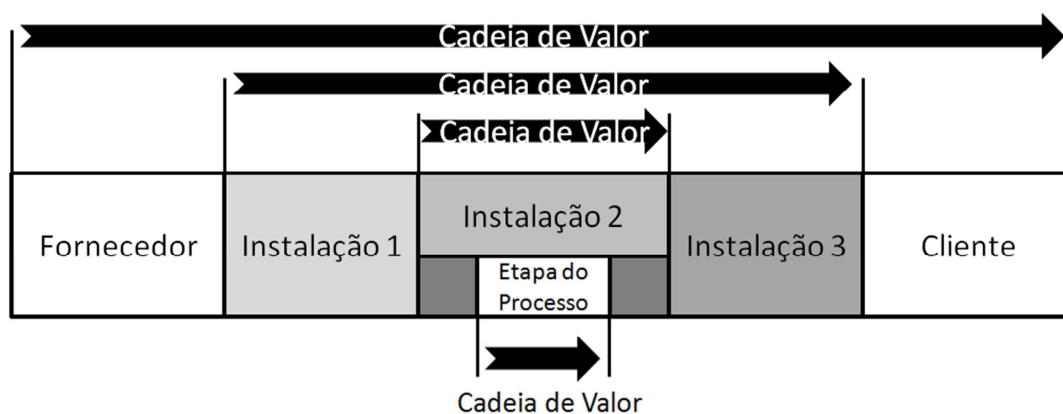


Figura 2.20 - Detalhe possível num VSM

Fonte: Adaptado de Nash e Poling 2008, p. 53

O detalhe de um VSM pode abranger várias organizações, naquela que é a cadeia de valor total do produto, focar-se apenas em uma das instalações da organização ou até numa só etapa de um processo.

Wilson (2010), no entanto, atesta que esta ferramenta tem como principal vantagem a sua capacidade de observar a cadeia de valor na sua totalidade (do fornecedor ao cliente) ou em grande parte dela (numa instalação completa) para localizar desperdício sistémico. Continua, afirmando que esta força é também uma fraqueza do VSM pois é comum que grandes desperdícios, por exemplo em células de trabalho, passem despercebidos pelo pouco nível de detalhe geralmente utilizado, sendo que a solução para este problema passa por aplicar outras ferramentas que auxiliem o combate ao desperdício em maior detalhe.

Encontrando-se analisados os preceitos de ambas as abordagens de gestão, de modo a que possam ser destacados pontos integráveis entre estes, são seguidamente apresentadas as tendências históricas e críticas existentes aos estilos de gestão iniciados por Miles e Ohno. Com a análise das principais tendências e críticas da GV pretende-se, respectivamente, entender a sua evolução e maiores áreas de aplicabilidade, bem como, verificar a existência de pontos menos fortes da abordagem que poderão mostrar-se pouco vantajosos na integração

pretendida. O objectivo da análise das principais tendências e críticas da PL prende-se com, respectivamente, a necessidade de aferir a sua aptidão para integrar novos conceitos sem colidir com os seus objectivos basilares e realçar as áreas onde a abordagem carece de melhorias, ou seja, destacar as áreas onde existem oportunidades para estudar a compatibilidade e vantagens da integração que se propõe.

2.3 – Análise Crítica e Integração de Conceitos

2.3.1 Tendências e Críticas

A GV é originária do sector de produção industrial na década de quarenta nos EUA e o seu desenvolvimento inicial deveu-se, exclusivamente, a implementações neste país. Nas décadas de cinquenta e sessenta inicia-se o desenvolvimento internacional da GV, principalmente por empresas subsidiárias norte-americanas na Europa e Austrália, para mais tarde, na década de setenta, ser aplicada exaustivamente na indústria japonesa de manufactura. No final desta década e na seguinte, a GV pareceu restringida à produção industrial, resultando num decréscimo da discussão entre praticantes. Exemplificando, na década de oitenta no Reino Unido, o número de membros do *Institute of Value Management* desceu abaixo dos dez elementos (Kelly, et al., 2004).

No entanto, no final dos anos oitenta e início dos anos noventa, ocorreu um ponto de viragem na utilização internacional da GV, através do alastramento para a indústria da construção civil (Male, et al., 2005) e para áreas da gestão e estratégia empresarial (Kelly, et al., 2004). Associada à diversificação da GV para a indústria da construção civil, surgem integrações desta em metodologias como a gestão de projectos, em inglês *Project Management* (Koga, 2000; Thiry, 2002) ou do risco, em inglês *Risk Management* (Dallas, 2006; Gruneberg, Hughes, & Ancell, 2007; Weatherhead, Owen, & Hall, 2005). O sucesso da GV em áreas industriais onde a incidência de gestão por projectos é recorrente parece revelar-se como uma vantagem desta abordagem.

Thiry (1997), citando um orador num seminário sobre o tema, afirma que mesmo que uma aplicação não seja apelidada de GV, desde que os seus princípios sejam utilizados, continua a ser GV. Fong (2004), Male, et al. (2005) e Thiry (1997) referem a Gestão pela Qualidade Total (em inglês *Total Quality Management*), como um estilo de gestão que constitui uma oportunidade de integração e melhoria recíproca. A Gestão pela Qualidade Total é uma

filosofia de liderança e gestão e um conjunto de princípios que pretendem a melhoria contínua através do envolvimento das pessoas e do uso de métodos quantitativos que se focam na total satisfação do cliente (Saylor, 1996).

A utilização de ferramentas que não provêm da Análise Funcional de Miles é relativamente comum em projectos de GV (d’Espiney, 1998). Tendencialmente, o Desdobramento da Função Qualidade ou casa da qualidade, em inglês *Quality Function Deployment* (QFD), que foi desenvolvido na década de sessenta e pretende alinhar os elementos de produtos com os desejos de clientes (Saylor, 1996), tem sido o mais vulgarmente utilizado (Cariaga, et al., 2007; Syverson, 1992; Veloso, 2009). Cariaga et al. (2007) propõem a utilização integrada desta ferramenta com o diagrama FAST, afirmando que na sua utilização conjunta, o FAST fornece o seu contributo respondendo à pergunta “O quê?” e o QFD clarificando a questão “Como?”.

Outras ferramentas, como a Análise de Efeitos e Modos de Falha, em inglês *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), ou processos de Reengenharia e *Kaizen*, tornaram-se também comuns em projectos de GV (d’Espiney, 1998). O FMEA pretende, o mais cedo possível, detectar potenciais falhas e tomar medidas para que estas não ocorram (Staudter et al., 2009). A Reengenharia é o re-pensamento e re-desenvolvimento radical de processos de gestão para atingir melhorias dramáticas na sua performance em termos de custos, velocidade ou outros (Hammer & Stanton, 1995). Processos de *Kaizen* consistem em melhorias continuadas de aspectos de uma organização (Wilson, 2010).

Por fim surgem autores, principalmente no seio da *SAVE International*, que sugerem como imperativa a integração dos conceitos e ferramentas *Lean* no âmbito da GV. Alguns destes autores alertam apenas para o benefício potencial que a aplicação das duas abordagens em simultâneo poderia obter (Cell & Arratia, 2003; Parker, 2005), enquanto outros propõem que o VSM (Thorsen, 2005), ou outras técnicas e ferramentas da PL (Ball, 2003), sejam utilizados em estudos de Análise do Valor para obter maior entendimento do funcionamento de processos. Lehman e Reiser (2004) sugerem apenas que a aplicação dos conceitos da PL, em projectos de AV em construção civil, torna possível a criação de fluxo contínuo de trabalho levando a soluções de elevado valor. Finalmente, Nayak (2006) e Cell (2004), propõem ambos um método onde é usado um VSM para expor toda a organização e identificar áreas a melhorar, após o que sugerem que ferramentas provenientes da PL ou da GV sejam aplicadas para corresponder a diferentes problemas. Segundo os mesmos autores, as ferramentas da PL

eliminarão o desperdício e as ferramentas da GV ocupar-se-ão da extinção de funções que não acrescentam valor para o cliente.

Apesar da expansão da GV, Fong (2004) afirma, baseando-se num questionário efectuado a praticantes dos EUA e Reino Unido, que o desenvolvimento da GV se encontra num estado de estagnação ou até de declínio. Segundo este estudo, as principais razões para tal declínio prendem-se com a ambiguidade na imagem profissional da GV (explanadas por exemplo na ambiguidade de definições de Gestão pelo Valor, Engenharia do Valor e Análise do Valor) e a falta de discussão académica em torno desta temática.

Pode concluir-se desta análise às tendências e críticas da GV que existe uma propensão para a aplicação dos seus conceitos em projectos, que existem inúmeros exemplos de integrações com outros conceitos e ferramentas sem detrimento dos seus objectivos principais e que as principais críticas existentes estão relacionadas com factores que não afectam directamente a aplicação prática dos seus conceitos ou ferramentas, uma vez que não são directamente dirigidos a algum destes. Analisados os factores de evolução e críticas em relação a esta primeira abordagem, deve agora ser efectuada a mesma análise em relação à PL.

A PL iniciou-se na indústria automóvel japonesa nos anos que seguiram a Segunda Grande Guerra tendo-se tornado notória, para o resto do mundo, apenas na década de setenta (Ohno, 1988). No entanto, desde esta década, os seus conceitos tornaram-se o principal paradigma da indústria automóvel mundial e alastraram-se a muitas outras indústrias (Wei, 2009). Segundo Hines, et al. (2004), nos anos noventa a PL estendeu-se às várias indústrias de manufatura (geralmente focada na produção repetitiva) e, depois do início do novo milénio, à produção de baixo volume e ao sector dos serviços.

Ao longo da sua existência, a PL transformou-se e novos conceitos e ferramentas surgiram, como por exemplo o ciclo dos cinco princípios do pensamento *Lean* e também a ferramenta VSM (discutidas nas secções 2.2.3 e 2.2.5, respectivamente). Segundo Hines, et al. (2004), a PL esteve e ainda está, num processo de evolução e, sem detrimento do seu objectivo principal (criação de valor para o cliente), podem ser integradas outras abordagens (principalmente através das suas ferramentas) para melhorar os seus resultados. Ou seja, qualquer conceito que forneça valor para o cliente pode estar em linha com a estratégia *Lean* (mesmo que algumas das ferramentas *Lean* de gestão da produção não sejam aplicadas).

De facto, algumas são já utilizadas para este efeito, como a Gestão pela Qualidade Total (paralelamente ao que se sucede com a GV) ou ainda o Seis Sigma, em inglês *Six Sigma*. Este

último pretende a redução dos defeitos a uma taxa de dois por mil milhões através do uso de ferramentas rigorosas e matemáticas que seguem uma metodologia bem definida (Raisinghani, Ette, Pierce, e Cannon, 2005).

Também em semelhança com o caso da GV, vários são os exemplos de ferramentas oriundas de estas ou outras abordagens de gestão que foram adoptadas para colmatar áreas de menor eficácia da PL, como o QFD ou o FMEA.

Apesar da sua evolução, por desenvolvimento interno ou por importação de conceitos e ferramentas, continuam a existir críticas a este estilo de gestão (Hines, et al. 2004). Chen e Taylor (2009) apontam para o potencial impacto negativo desta abordagem na capacidade de inovação das organizações que a implementam e na criatividade dos seus colaboradores. Oliver e Holweg (2006) alertam que, apesar das melhorias em processos de engenharia e produção, a PL pode ser prejudicial para a própria marca. Como consta no Quadro 2.3, Hines, et al. (2004) aprofundam as críticas à PL contextualizando-as nas suas fases de evolução.

Quadro 2.3 - Principais falhas da PL e seus críticos
Fonte: Hines, et al. (2004)

Data	1980 – 1990	1990 – 1995	1995 – 1999	2000 +
Principais Falhas	<ul style="list-style-type: none"> - Aplicabilidade fora das fábricas; - Aspectos inter-organizacionais; - Pensamento sistematizado; - Aplicabilidade unicamente na indústria automóvel. 	<ul style="list-style-type: none"> - Praticamente só aplicado na indústria automóvel; - Recursos humanos, exploração de trabalhadores; - Aspectos da cadeia de abastecimento; - Aspectos da dinâmica do sistema. 	<ul style="list-style-type: none"> - Capacidade de lidar com a variabilidade; - Integração de processos; - Relação entre organizações; - Principalmente aplicado na indústria automóvel; - Integração de indústrias. 	<ul style="list-style-type: none"> - Aspectos globais; - Capacidade de perceber o que é valor para o cliente; - Indústrias de baixo volume de produção; - Integração estratégica; - Comércio electrónico.
Principais Críticos	Carlisle e Parker (1989) Fucini e Fucini (1990)	Williams et al. (1992) Garrahan e Stewart (1992) Rineheart, Huxley e Robertson (1993)	Davidow e Malone (1992) Cusumano (1994) Goldman, Nagel e Preiss (1995) Harrison, Christopher e Hoek (1999) Suri (1999) Schonberger e Knod (1997)	Bateman (2000) Christopher e Towill (2001) van Hoek, Harrison e Christopher (2001)

Críticas surgiram apontando os aspectos humanos de uma organização. Hines, et al. (2004) afirmam que a PL deve ser analisada como mais do que um conjunto de ferramentas e técnicas e que as dimensões humanas como a motivação e o respeito pelos colaboradores devem ser ponderadas. Concluem que estes elementos são a chave para a sustentabilidade de longo prazo para os programas *Lean*, independentemente de sectores industriais onde são aplicados. A capacidade de lidar com a variabilidade nos sistemas de produção *Lean* e nas suas cadeias de abastecimento é, segundo alguns autores, outra falha da PL. Várias técnicas

Lean, como o nivelamento do calendário, cedo foram desenvolvidas para lidar com este problema. No entanto, no caso de variabilidade na procura, estas técnicas tenderam a nivelar ou controlá-la pois a PL teve o seu início em indústrias com procura bastante estável. Estas indústrias de grande volume e repetição na procura, enquadram a aplicabilidade de soluções do estilo *Kanban* que podem ser bastante inflexíveis. Segundo estes autores, uma das grandes críticas à PL foi, e continua a ser, a sua incidência na gestão fabril e aplicabilidade das suas ferramentas, praticamente ignorando a discussão da utilização do pensamento *Lean* no nível estratégico das organizações. Esta fase do desenvolvimento da PL tem sido apelidada como a *era das ferramentas* (Womack, 2007).

Nesta última década, Hines, et al. (2004) referem ainda outras críticas como a pouca incidência em indústrias de baixo volume e a falta de capacidade para definir o que representa valor para o cliente. Como já referido, sendo o desperdício definido, no âmbito da PL, como a ausência de criação de valor (Womack & Jones, 1996), e tendo em consideração que o seu objectivo fundamental é a criação de valor para o cliente, a inexistência de um profundo entendimento do que este representa, ou a falta de uma clara definição deste conceito, mostra-se como uma lacuna proeminente.

Hines, et al. (2004) salientam ainda que uma das grandes vantagens da PL consiste exactamente na sua capacidade de continuamente evoluir e melhorar-se. Como anteriormente referido, e como se sucedeu em momentos anteriores na evolução da PL, a resposta para uma sua lacuna poderá ser encontrada nos conceitos e ferramentas de outras abordagens.

Conclui-se então que existem, em semelhança com o caso da GV, variados exemplos de utilização de conceitos e ferramentas não oriundas do âmbito *Lean* e que estes são desejados desde que não afectem o seu objectivo principal, a criação valor para o cliente. Pode também ser aferido que existem críticas variadas à PL e que a colmatação de qualquer uma destas falhas provaria como vantajosa a integração dos conceitos e ferramentas da GV no âmbito *Lean*.

Tendo em consideração as críticas à PL acima descritas e pretendendo realçar áreas em que o contributo da GV pode ser benéfico para a PL, bem como aquelas em que a sua actuação integrada se pode tornar contraproducente, são seguidamente expostas as principais características comuns e pontos divergentes das duas abordagens.

2.3.2 Características Comuns e Pontos Divergentes

Segundo Nayak (2006) as semelhanças entre estas duas abordagens são bastante claras e visíveis. Como exposto no Quadro 2.4, estas podem ser observadas ao nível da constituição dos pilares e princípios teóricos de ambas, bem como no patamar da implementação prática nas suas diversas áreas de aplicabilidade.

Quadro 2.4 - Características comuns em GV e PL

GV e PL - Características Comuns	
Princípios	
Criação de Valor	A criação de valor para o cliente encontra-se no centro de ambas as abordagens.
Focalização no Cliente	Constante focalização no cliente e nas suas necessidades.
Implementação	
Objectivos	Objectivos de implementação prática semelhantes.
Abordagem Estruturada	Estrutura de aplicação da Análise do Valor e VSM semelhantes.
Suporte Hierárquico	Apoio da gestão de topo e envolvimento de toda a cadeia hierárquica na tomada de decisão.
Trabalho em Equipa	Dinâmica de trabalho em equipa como elemento essencial para o sucesso na aplicação.
Utilização de Ferramentas de Análise Visual	Uso de ferramentas de interpretação fácil e lógica.

A criação de valor constitui um princípio basilar em ambas as abordagens. Em GV, o valor é um dos três conceitos essenciais cuja noção e notoriedade afectam todas as actividades de aplicação da abordagem e a sua criação é o propósito central da organização. Em PL, a identificação do valor para o cliente e a identificação da cadeia que gera esse valor, representam as premissas dos seus dois primeiros princípios. Para uma organização *Lean*, se o valor para o cliente e a cadeia de valor não forem identificados, não poderão ser alcançados os objectivos de redução do desperdício e de melhoria contínua.

A constante focalização no cliente e a correspondência das suas necessidades são igualmente pontos comuns e essenciais à PL e GV. A necessidade é também um dos três conceitos essenciais na GV e, no âmbito *Lean*, o pilar JIT pretende corresponder a uma necessidade fornecendo ao cliente exactamente a quantidade certa de bens, no local e momento exactos.

A redução de custos e desperdício, a melhoria da qualidade, fiabilidade, funcionalidade e eficiência são geralmente os objectivos que se pretendem atingir em GV ou em PL. Segundo

Nayak (2006), este conjunto de objectivos comuns constitui uma das semelhanças mais proeminentes no paralelismo entre as abordagens de gestão.

A abordagem estruturada do plano de trabalho da Análise do Valor e da implementação do VSM constituem, de acordo com o mesmo autor, outro ponto que revela a semelhança entre os temas abordados. Para Nayak (2006) é claro o paralelismo entre as fases de Informação e de Análise Funcional e do desenho do CSVSM, entre as fases de Criatividade, Avaliação e Desenvolvimento e a construção do FSVSM, bem como, entre as fases de implementação presentes em ambas as estruturas de aplicação prática. Nas primeiras é discutida a definição do problema, é recolhido material e informação necessário para estabelecer as características do sistema e são identificados os *inputs*, *outputs* e fontes de defeitos ou custos. Nas fases de Criatividade, Avaliação e Desenvolvimento (e construção do FSVSM) são avaliadas oportunidades de melhoria e na etapa final de implementação, comum a ambas as estruturas, são postos em prática os planos desenvolvidos e são validados e documentados os resultados para fins de melhoria contínua.

É essencial o apoio da estrutura hierárquica para a implementação de qualquer novo processo de gestão. Nos casos específicos destes estilos de gestão, tal apoio deve ser ainda mais notório devido à grande mudança, essencialmente no raciocínio lógico, que ambos requerem.

Outro elemento comum, embora não tão facilmente visível, consiste no facto de que o sucesso da GV e da PL provém, em parte, da capacidade de menosprezar as relações hierárquicas praticadas na grande maioria das organizações ocidentais. Em *Lean*, faz parte do pilar *Jidoka*, a responsabilização do gestor ou supervisor por fornecer todo o apoio necessário para que o operador possa realizar as suas tarefas com o mínimo desperdício (Wilson, 2010). Curiosamente, pode dar-se o caso de o gestor estar a trabalhar para o operador. Em GV, os seus praticantes estão ao corrente do facto de que as pessoas com melhores capacidades para fazer propostas de melhoria do valor são as mesmas que trabalham diariamente com o processo e não os que estão responsáveis pela sua gestão financeira, logo, as equipas que realizam estudos de valor incluem, quase sempre, colaboradores da área operacional (Cell & Arratia, 2003).

O trabalho em equipa e o uso de ferramentas de análise visuais e intuitivas encerram o conjunto das semelhanças mais notórias identificadas entre as duas abordagens. É essencial para acções de Análise do Valor que se forme uma equipa multidisciplinar com contribuições distintas e que esta seja orientada por um animador de Análise do Valor. Também em PL é relevante a nomeação de um líder no combate ao desperdício (por vezes chamado *Sensei*) e,

no caso da implementação do VSM por exemplo, é também essencial a participação e contribuição de todas as áreas da organização. O recurso a ferramentas tão distintas como o diagrama FAST e o VSM estabelece outro paralelismo pois estas, embora com objectivos finais diferentes, destinam-se a ser facilmente perceptíveis e utilizáveis por todos através das suas características visuais.

Apesar do amplo rol de características comuns, as abordagens diferem em vários pontos relevantes, igualmente em termos de princípios e ao nível da implementação. Estas diferenças estão expostas no Quadro 2.5.

Quadro 2.5 - Pontos divergentes entre AV e PL

AV e PL – Pontos Divergentes	
Princípios	
Definição de Valor	Definição em GV e ausência de definição em PL.
Valor para o Cliente	Cliente paga por funções (GV) e por actividades que criem valor (PL).
Implementação	
Aplicabilidade Primordial	Produtos e serviços (AV) e processos (PL).
Momento da Aplicação	Desenvolvimento de produtos ou serviços (AV) e gestão corrente (PL).

Quanto à definição de valor, no âmbito da GV embora com algumas variantes, este é caracterizado como demonstra a equação 1 (secção 2.1.4). O valor deve ser avaliado e quantificado em acções de GV e segue sempre uma noção de balanço entre as características benéficas como a satisfação de necessidades, objectivos, funções ou qualidade e os aspectos negativos associados à sua realização, como os custos ou recursos utilizados. No caso da PL, não existe uma definição ou equação que permita quantificar o valor. Nesta perspectiva, apenas é tido em consideração o aumento do valor quando são adicionadas novas características ao produto ou serviço (características físicas ou de serviço) ou reduzido o desperdício interno (que permite baixar o preço que o cliente paga para obter o produto ou serviço ou melhorar as suas características) como ilustrado na Figura 2.15. De facto, segundo Hines et al. (2002), o valor é aquilo que o cliente quer e deve ser expresso por uma percepção e não por factos ou figuras.

Ainda no que respeita os princípios da PL e GV, e também ligado à definição de valor, existe um distanciamento na noção de aquilo pelo qual o cliente está disposto a pagar. Em PL, segundo Nash e Poling (2008), o cliente encontrar-se-á disposto a pagar pelas actividades que acrescentam valor ao produto e não pelo desperdício que representam outras actividades. Em

GV, por sua vez, o cliente está disposto a adquirir um bem se este corresponder às suas necessidades através das funções que realiza (Male & Kelly, 1989).

Em PL, o valor é criado maioritariamente pela eliminação de desperdício nos processos inerentes aos produtos. Em GV este é criado através do melhor fornecimento das funções que o consumidor deseja ou através da redução dos recursos utilizados para esse efeito. Em *Lean*, o foco principal é posto nos processos inerentes ao produto e, em GV, a atenção recai sobre as características do produto em si.

Embora os praticantes de ambas as abordagens de gestão refiram que estas são aplicáveis em todo e qualquer nível de uma organização ou em qualquer momento do ciclo de vida de um produto (e.g. BSI, 2000a; Womack & Jones, 1996), a eficácia da sua aplicação não será exactamente a mesma nos dois casos. A PL é benéfica na eliminação de desperdício num processo ou serviço. A GV, por sua vez, é mais indicada para análise e desenvolvimento de produtos ainda não produzidos (Nayak, 2006). Embora os objectivos sejam similares, pode então referir-se que os princípios *Lean* se aplicam maioritariamente aos processos de um produto ou serviço e os da GV se aplicam, em geral, ao produto ou serviço em si.

Esta diferença na aplicabilidade, ou na sua eficiência, estende-se ao próximo ponto divergente dos estilos. Graças a este facto o momento de aplicação, ao longo do ciclo de vida do produto, difere nos dois casos, sendo que as noções de GV são geralmente aplicadas no início deste ciclo, ou seja, no seu desenvolvimento e, em PL, são normalmente mais aplicados ao longo de todo o ciclo, após a fase de desenvolvimento.

Existe também uma distinção possível em relação à continuidade da aplicação. Segundo Cell e Arratia (2003), numa organização *Lean*, os seus princípios são utilizados de maneira repetitiva, através de actividades *Kaizen* ou de melhoria contínua, enquanto que numa organização onde se pratica a GV, as actividades são efectuadas (embora nem sempre assim o seja) numa base esporádica ou episódica e não continuamente. O efeito das diferentes abordagens resulta em profundidade e períodos distintos para a obtenção dos objectivos, menos longos em GV mas com menos impacto a longo prazo.

A duração de uma aplicação difere também devido às características anteriormente referidas. Segundo Nayak (2006), para problemas com estrutura semelhante, a duração das fases anteriores à implementação num estudo de Análise do Valor pode durar cerca de duas a três vezes mais tempo que numa implementação do VSM, por exemplo.

Por fim, Nayak (2006) refere também a diferença da natureza das ferramentas utilizadas como ponto diferenciador das abordagens. Segundo este autor, ao contrário da GV, a PL não é um processo analítico mas sim um conjunto de princípios que, a médio prazo, reduzirão os custos do produto. Este autor refere-se neste ponto, não à PL como um todo, mas aos cinco princípios do pensamento *Lean*.

A análise das características análogas permitiu salientar que a criação de valor para o cliente e o foco permanente nas suas necessidades constituem pontos comuns a ambas as abordagens. Tendo em consideração este facto, e ponderando também outras características idênticas como o suporte hierárquico e o trabalho em equipa, pode concluir-se que a integração que se pretende propor não terá, provavelmente, factores anímicos como entrave, visto que a lógica de funcionamento entre a GV e a PL são, neste campo, semelhantes.

A discussão dos factores distintivos entre os estilos de gestão permitiu, por sua vez, atingir conclusões de maior relevo. Primeiramente, no que concerne as diferenças dos conceitos das abordagens e em consonância com a crítica que anteriormente se referiu quanto à incapacidade dos praticantes da PL em entender o que representa valor para o cliente, realça-se o facto de não existir uma medição nem tão pouco uma definição de valor no âmbito da PL. Tal definição representa um conceito basilar da GV e uma das suas maiores vantagens. Paralelamente, deve ser dado especial foco à diferença no alvo da aplicação dos conceitos ou no momento em que estes são aplicados. Como referido, em GV os conceitos são mais aplicados no desenvolvimento de produtos ou serviços e, em PL, estes têm maior incidência nos seus processos, ao longo do restante ciclo de vida do produto. Tais discrepâncias permitem concluir, em primeira instância, que a definição de valor da GV representa uma oportunidade de integração potencialmente benéfica para a PL. Paralelamente pode concluir-se que, por um lado, a aplicabilidade dos conceitos da GV terá de ser adaptada ao espectro de aplicabilidade da PL, ou seja, aos processos de produção e, por outro lado, que este raio de acção poderá ser mais eficazmente alargado ao desenvolvimento de novos produtos e serviços.

Após a observação dos pontos comuns e divergentes, e tendo em consideração as críticas das abordagens estudadas, podem ser analisadas as áreas onde se considera que a contribuição dos conceitos e ferramentas da GV pode ser mais benéfica para a PL.

2.3.3 Oportunidades de Integração

Como referido anteriormente, a falta de compreensão do que representa valor para o cliente, tem sido uma das críticas feitas à PL. Contrariamente, a definição de valor da GV, que resulta da sua visão funcional dos produtos, tem sido a sua principal vantagem e característica distintiva. Este ponto constitui, na óptica do autor, a principal oportunidade de sinergia entre as duas abordagens. Em paralelo, outras características apontadas à GV, como a capacidade de incentivo à inovação e criatividade e a aplicabilidade em projectos de desenvolvimento de produtos, são também factores que podem colmatar críticas da PL e poderão ser atingidos pela integração de conceitos e ferramentas que se propõe.

Ao integrar a definição de valor da GV nos conceitos da PL, são expectáveis melhores resultados no combate aos oito tipos de desperdício, que se encontram expostos e detalhados na secção 2.2.4. Em relação aos sete tipos básicos de *Muda*, espera-se que a contribuição da GV permita uma maior facilidade de destaque das actividades que constituem qualquer um destes desperdícios. Em relação ao oitavo tipo de desperdício, o mais recente, e tendo em conta que, segundo Womack e Jones (1996), fornecer da maneira certa o bem ou serviço errado é *Muda*, a contribuição desta integração deverá permitir que os produtos, serviços ou processos que sejam geridos segundo estes preceitos correspondam exactamente ao que o cliente deseja. Tal facto é expectável graças à noção funcional dos produtos da GV que permite aferir exactamente as funções que um produto deve realizar. Neste campo são também esperadas melhorias na inovação, visto que a utilização da Análise Funcional para comparação de soluções permite, como referido anteriormente, a abstracção de ideias pré-concebidas e a promoção da criatividade.

Esta integração permitiria que os sete primeiros tipos de desperdício continuassem a ser combatidos pelos princípios da PL, embora com a contribuição dos conceitos de Miles. O oitavo tipo de desperdício deve, nesta lógica de sinergia, ser combatido pela visão funcional dos produtos e definição de valor da GV, embora os cinco princípios do pensamento *Lean* devam contribuir activamente para este objectivo.

A eliminação ou minimização dos primeiros sete tipos de desperdício é então abordada segundo os princípios da PL, através de uma gestão contínua dos processos industriais de transformação. Nesta eliminação, a contribuição da análise funcional deve garantir que os processos cumprem aquilo que o seu cliente (interno ou externo) pretende e a definição de valor deve tornar mais visíveis as áreas de potencial de criação de valor, bem como, fornecer uma maior clareza para realçar actividades que não criam valor.

Por sua vez, o desenvolvimento de produtos e serviços ao menor custo possível, que correspondem às reais necessidades do consumidor torna-se, principalmente, responsabilidade dos conceitos do valor. Os princípios da PL devem influenciar o processo de desenvolvimento de novos produtos ou serviços de modo a torná-lo mais fluído e eficiente.

Ao integrar estas duas abordagens poderá ser possível criar valor para o cliente fornecendo-lhe somente aquilo que este deseja e eliminando continuamente o desperdício que não permite baixar o preço de venda ao consumidor nem tão pouco alocar fundos na melhoria do produto ou do serviço que lhe está adjacente. Ou seja, poderá ser possível fazer o trabalho certo, da maneira certa.

Tendo apresentado e analisado aquela que se considerou ser a principal oportunidade de integração dos conceitos da GV no âmbito da PL, foi possível desenvolver um método integrado, que se expõe no capítulo seguinte.

3. Método de Integração Proposto: Análise Funcional *Lean*

3.1 – Apresentação e Descrição do Método Proposto

Para uma organização que siga as noções *Lean* e do Valor, Nayak (2006) e Cell (2004) propõem um método semelhante que permite ao gestor aplicar um VSM a toda a organização e, em seguida, aplicar separadamente ferramentas associadas às diferentes abordagens consoante o problema em questão, como referido na secção 2.3.1. O método que aqui se propõe implica o uso de ferramentas das duas abordagens em simultâneo e, principalmente, que a definição de valor proveniente da GV seja integrada num sistema de PL.

Este método, que se optou por designar Análise Funcional *Lean* (AFL), contempla duas vertentes essenciais, o desenvolvimento de novos produtos, serviços ou processos e a melhoria de processos existentes na cadeia de valor de um produto ou serviço. A Figura 3.1, presente na próxima página, expõe o método proposto.

Do lado direito da figura, encontra-se sintetizada a sequência de actividades para o desenvolvimento de novos produtos, serviços ou processos.

Os passos seguidos representam as fases de um estudo de Análise do Valor (ver Quadro 2.1), onde devem ser introduzidas as noções do pensamento *Lean* de modo a que o produto seja desenvolvido ou melhorado e tenha em conta o desperdício a evitar ao longo do seu ciclo de vida. As vantagens e o sucesso da aplicação do plano de trabalho da Análise do Valor podem ser testemunhados, em literatura, em várias obras (Dallas, 2006; Kelly, et al., 2004; Thiry, 1997).

Na fase de Análise Funcional deste estudo, e, mais especificamente, na segunda fase da Análise Funcional, deve ser utilizado o diagrama FAST orientado para o cliente pois este é o mais indicado para o estudo de novos produtos ou serviços (Thiry, 1997). Neste segmento da AFL, em consonância com o que é proposto por Nayak (2006) e Cell e Arratia (2003), apenas são utilizadas ferramentas de GV. No entanto, se a sua realização for efectuada por praticantes da PL, é esperada a utilização dos princípios do pensamento *Lean* para que o desperdício seja minimizado. Ou seja, ao contrário do que estes autores propõem, as duas abordagens devem ser aplicadas ao mesmo projecto, mesmo que as ferramentas utilizadas pertençam apenas à GV.

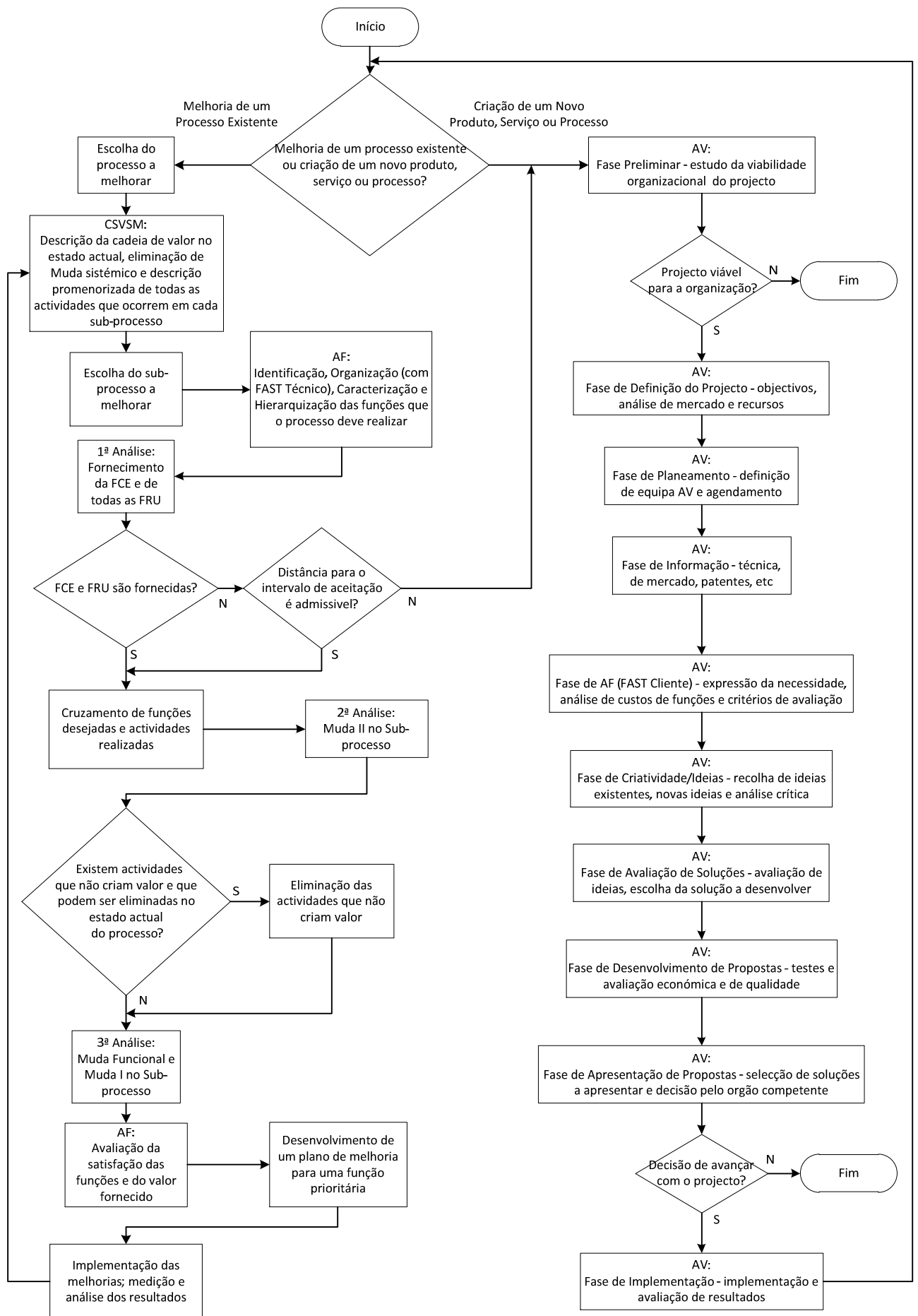


Figura 3.1 - Método de Análise Funcional Lean

A contribuição dos conceitos da PL, nesta área, deve concentrar-se na criação de fluxo nos processos do projecto através de transferências de pequenos lotes, rápido feedback, baixo inventário de trabalho em processamento (em inglês *work in progress*) e redução de filas de espera. Embora estes conceitos pareçam estranhos ao ambiente de desenvolvimento de produtos, Reinertsen (2009) afirma que são perfeitamente aplicáveis e compara esta mudança de paradigma no desenvolvimento de produtos com a que ocorreu na indústria automóvel aquando da disseminação da PL.

No lado esquerdo da Figura 3.1 encontra-se exposta a sequência da AFL para um estudo de melhoria contínua de processos que integra a definição de valor da GV em processos de PL, contribuindo para uma melhor compreensão do que representa desperdício e criação de valor em processos produtivos (Sacadura & Tenera, 2011). Esta sequência foi testada no estudo de caso apresentado e discutido nesta dissertação (ver capítulo 4), e está detalhada nas secções seguintes.

3.2 – Etapas do Método Proposto para Aplicação em Melhoria de Processos

3.2.1 VSM e Escolha de Sub-processo

Após a escolha do processo a estudar e melhorar, a implementação é iniciada pelo desenvolvimento de um CSVSM à cadeia de valor em estudo. Nesta análise deve ficar definido o cliente do processo, podendo este representar outra organização na cadeia de valor completa do produto, uma outra instalação da mesma organização ou o consumidor final do produto ou serviço. Este cliente ou consumidor final será referido, ao longo do estudo, como cliente externo de todos os sub-processos.

Devem também ser descritos todos os sub-processos ou etapas do processo completo, bem como todas as actividades que neles ocorrem. As actividades devem ser caracterizadas com um nome ou número e em termos dos recursos que absorvem, nomeadamente o tempo que demoram, o número de colaboradores presentes e a maquinaria envolvida, por exemplo. Deste primeiro passo devem obter-se como *output* a eliminação de desperdício sistémico que afecte o funcionamento do processo como um todo e a caracterização, a um nível de maior detalhe, de todo o processo.

Se forem encontradas oportunidades de melhoria através do CSVSM, estas devem ser estudadas, incorporadas num FSVSM e implementadas antes de se prosseguir com o estudo

de cada sub-processo ou etapa. Se a implementação for bem-sucedida, este FSVSM passará a representar o estado actual do processo, ou CSVSM, e deve ser a partir deste que o estudo deve prosseguir.

3.2.2 Identificação, Organização, Caracterização e Hierarquização das Funções do Sub-processo

Seguidamente, a criação de valor em cada uma das etapas é analisado individualmente. Inicialmente deve ficar perfeitamente definido o cliente do sub-processo, que representará a etapa ou etapas seguintes na cadeia de valor. Este utilizador será referido como cliente interno do sub-processo.

Em seguida são definidas as funções que o cliente interno, organização e cliente externo necessitam. Esta definição é feita com o auxílio da Análise Funcional e de um diagrama FAST técnico. Na realização deste passo é essencial a participação de colaboradores com profundo conhecimento do sub-processo em causa e deste devem resultar várias informações essenciais ao estudo.

Primeiramente, deve ficar inequivocamente definida a função que o sub-processo realiza para o cliente externo. Esta função (função de maior ordem no exemplo da Figura 2.11) corresponde, na sua essência, à necessidade que o cliente externo quer ver fornecida nesta etapa em particular e deve, por isso, responder à questão “o que deve este sub-processo realizar pelo cliente externo?”. Tal função será referida como Função do Cliente Externo (FCE). Nesta análise podem surgir outras funções que, embora não representem exactamente o que o sub-processo deve realizar no seu funcionamento, constituem requisitos obrigatórios do cliente externo e têm de constar no diagrama FAST (no canto superior direito). Apesar de Bolton (2005) utilizar a expressão *funções que ocorrem sempre* para as mencionar, as segundas funções serão aqui referidas como Funções Relacionadas com o Cliente Externo (FRCE). Esta opção foi tomada porque se considerou que, no nome atribuído a este tipo de funções, deve ficar patente o interveniente a quem se pretende satisfazer uma necessidade, o cliente externo neste caso.

Como referido anteriormente no estudo da Análise Funcional, tanto estas como quaisquer outras funções devem ser descritas por um nome e um verbo. Embora devam ser evitadas, podem surgir excepções devido a dificuldades na descrição da função em português.

Depois desta análise, o foco concentra-se agora nas funções que o cliente interno, ou utilizador do sub-processo necessita, as Funções Relacionadas com o Utilizador (FRU). Tais funções (função básica na Figura 2.11) são definidas perguntando como se corresponde à necessidade do cliente interno. Posteriormente são determinadas as FRP (funções secundárias na Figura 2.11), significando esta sigla Funções Relacionadas com o Processo, e não *Produto* como nos casos de estudo de produtos. A construção da necessidade funcional deve seguir sempre a lógica de construção do diagrama FAST (perguntando “Como” quando nos deslocamos para a direita e “Porquê” quando nos deslocamos para a esquerda no diagrama). Note-se que esta lógica é válida também para a relação entre a FCE e as FRU, para que ao ser criado valor para o cliente interno, este afecte também o cliente externo. Esta fase só deve terminar quando uma função descrita na sequência abandone o âmbito do problema em estudo, ou seja, não ocorra no sub-processo ou no seu funcionamento.

Por fim, no diagrama devem também constar (no canto superior esquerdo) funções que se considerem requisitos da organização. Estas funções devem representar objectivos que a gestão tenha para este sub-processo, características impulsionadoras de custos ou alinhamentos estratégicos da organização (e.g. *Reduzir Stocks Intermédios*, em toda a organização). A sua realização, ou melhoria de indicadores dessa realização, corresponderá a uma redução de recursos utilizados ou a um melhoramento do produto ou serviço para o cliente externo. Optou-se por nomear estas funções como Funções Relacionadas com a Organização (FRO), e não *funções relacionadas com o desenho do processo*, como proposto por Bolton (2005). Como no caso das FRCE, também aqui se considerou que o nome do tipo de funções deve incluir o beneficiário directo do fornecimento das mesmas. A designação proposta por Bolton (2005) não torna claro quem detém a necessidade a ser correspondida, como tal, optou-se por esta designação. A determinação das FRO termina o preenchimento do diagrama FAST.

Na definição das funções, em especial das FRO e das FRCE, deve ser evitada a escolha de funções demasiado generalistas. Funções como *Optimizar Processo* ou *Maximizar Eficiência*, por exemplo, não devem constar no diagrama FAST, pois não especificam uma característica do sub-processo. Estas podem ser subdivididas em vários elementos que permitam associar-lhe um indicador específico.

Neste momento são definidos os objectivos a atingir, ou seja, são quantificadas, em cadeia, as funções desta etapa. Primeiro a FCE deve ser quantificada. Exemplificando, o cliente externo pode necessitar de mil produtos acabados numa certa data. Relacionando esta função com as

FRU e seguindo o mesmo exemplo, o cliente interno pode necessitar de duas mil peças (se uma unidade de produto final incorporar duas peças) nesse período de tempo ou de, por exemplo, cem peças por turno até à data prevista. Os objectivos das FRP são dependentes dos objectivos das FRU, logo podem não necessitar de ser quantificados.

Às FRO e FRCE, corresponderão objectivos que, embora possam parecer utópicos, representam o estado ideal de funcionamento do sub-processo e devem ficar perfeitamente entendidos (e.g. para a função *Reduzir Stocks Intermédios* o objectivo será a eliminação total desses stocks).

Finalizando esta etapa, todas as funções devem ser dispostas segundo uma hierarquia de importância para o cliente externo e organização. Esta arrumação deve considerar a hierarquia de importância das funções e também medir a distância entre estas. Para tal propõe-se a utilização de uma matriz de ponderação de funções como a que se encontra na Figura 2.8, na secção 2.1.5.

3.2.3 Análise à Realização da Função do Cliente Externo e Funções Relacionadas com o Utilizador

Uma vez realizada a hierarquização das funções, em seguida são atribuídos critérios de aceitação para a FCE e FRU. Sem regra ou procedimento obrigatório, à FCE será, em princípio, atribuído um critério de fácil análise, como por exemplo, a entrega ou não da sua encomenda na data prevista. Este facto ocorre visto que, em princípio, não haverá margem para oscilações no cumprimento da função, ou, a haver, esta representará custos elevados (mensuráveis e não mensuráveis) para a organização.

Para as FRU, os critérios de aceitação devem ser definidos pela organização. Estes representarão a margem de oscilação que pode ocorrer sem que o fornecimento da função seja afectado. Exemplificando, o fornecimento de cem peças por turno pode ser um valor médio e, ao produzir apenas noventa num determinado turno, a função pode ser fornecida pois existe espaço de manobra para que outro turno produza cento e dez e compense o primeiro. O critério poderá ser então, neste exemplo, produzir entre noventa e cento e dez peças por turno.

Neste momento é possível realizar a primeira análise qualitativa ao valor do sub-processo. Seguindo os conceitos da GV, o valor para o cliente interno poderá ser definido através da equação 9 que relaciona qualitativamente a satisfação das necessidades do cliente interno e os recursos utilizados para esse efeito. Deste modo torna-se claro como pode ser aumentado o

valor fornecido, nomeadamente, aumentando a satisfação das FRU ou diminuindo os recursos utilizados.

$$\text{Valor Cliente Interno} \propto \frac{\text{Satisfação das Necessidades (através das FRU)}}{\text{Recursos Utilizados}} \quad (9)$$

Note-se que a satisfação das FRU corresponde à satisfação das necessidades do cliente interno e que, ao fazê-lo, estamos a corresponder à FCE, ou necessidade do cliente externo. Por tal facto, a criação de valor para o cliente interno implica a criação de valor para o cliente externo.

Nesta primeira análise apenas é revista a parte superior da equação, ou seja, é estudado o cumprimento das FRU. Esta observação consiste, simplesmente, em comparar o estado actual do processo com o critério de aceitação definido. Para isto podem ser usados valores históricos que permitam compilar um indicador médio para comparação com o critério.

No caso de as FRU não estarem a ser realizadas dentro do critério de aceitação podem decorrer duas situações. Se o indicador de realização se encontrar de tal modo deslocado do intervalo de aceitação, todo o sub-processo deve ser alvo de um estudo aprofundado para que as causas de tal situação sejam identificadas e as alterações necessárias sejam implementadas através de um re-desenvolvimento do processo. Para este efeito, pode recorrer-se a um estudo de Análise do Valor, seguindo as fases do seu plano de trabalho, que permita que a criatividade e inovação possam fazer com que este sub-processo corresponda às necessidades do seu utilizador. No caso do indicador se encontrar relativamente perto do intervalo de aceitação, o estudo deve prosseguir de modo a melhorar o valor fornecido e, após a implementação, deve-se voltar a medir este indicador para analisar o impacto das alterações e se as FRU já são fornecidas. O método para concluir se a distância ao intervalo de aceitação é admissível dependerá da perspectiva da organização e pode ser medido qualitativa ou quantitativamente.

No caso de as FRU serem fornecidas dentro do critério de aceitação, o estudo prossegue para a análise seguinte, sempre com a perspectiva de aumentar o valor criado.

3.2.4 Análise de *Muda II* no Sub-processo

Reanalizando a equação 9, valor pode também ser criado pela redução de recursos utilizados no fornecimento das FRU, FRO ou FRCE. Ao fazê-lo, o valor criado para o cliente interno é

imputável, indirectamente, à organização e ao cliente externo. A organização incorrerá em menores custos e poderá transportar este valor para o cliente externo através da redução no preço de venda ou melhoria do produto ou do serviço que lhe está implícito. Seguindo este raciocínio, melhoria do valor para o cliente interno implica uma melhoria do valor também para o cliente externo.

Como descrito anteriormente, no âmbito da PL, qualquer actividade que não crie valor é considerada desperdício. Se optarmos por definir o valor segundo as premissas da GV, ou seja, segundo a equação 9, então uma actividade que cria valor para o cliente tem inegavelmente de corresponder à satisfação das suas necessidades. Sendo as necessidades satisfeitas através das FRU e estas, segundo a lógica da GV e da construção do diagrama FAST, fornecidas através das FRP, então uma actividade só cria valor se estiver a fornecer directamente ou a contribuir para a satisfação de uma das FRP.

Seguindo a mesma lógica, uma actividade que não corresponda a uma das FRP tem de ser considerada desperdício, podendo este ser *Muda* II ou *Muda* I, consoante exista, ou não, possibilidade de eliminação imediata.

Para a identificação e separação de actividades criadoras de valor e actividades consideradas *Muda*, propõe-se a construção de uma tabela que, nesta análise, é composta como a Figura 3.2 apresenta.

Actividades	FRP			Muda	
	FRP1	FRP2	(...)	I	II
A1	x				
A2		x			
A3			x		
A4				x	
A5				x	
A6				x	
A7				x	
A8				x	
A9					x
A10					x
(...)					

Figura 3.2 - Funções versus Actividades: Primeira tabela

Na primeira coluna são colocadas todas as actividades que ocorrem no sub-processo em estudo e na primeira linha expõem-se todas as FRP, bem como os dois tipos de *Muda* da PL. No centro da tabela são colocados os indicadores que se optou por utilizar no estudo do sub-processo, sendo estes por exemplo, custos ou tempos de execução dos elementos de trabalho. Deve ser dada especial atenção a estes indicadores de modo a que sejam comparáveis entre si.

Por exemplo, se a tabela for preenchida com tempos de execução, estes devem todos referir-se ao mesmo intervalo de tempo, ou seja, um dia, turno, ciclo do sub-processo ou outro.

Cada actividade deve corresponder a uma destas categorias, a uma FRP ou a um tipo de *Muda*. Para esta identificação propõe-se que o responsável pela sua montagem (um colaborador com profundo conhecimento desta etapa do processo) se questione, actividade a actividade, para que esta é feita. No caso de algum dos elementos de trabalho corresponder a mais do que das categorias, propõe-se que essa actividade seja subdividida em elementos menores para que cada um destes seja imputável a uma só função.

Uma actividade que não corresponda a nenhuma das funções descritas será considerado *Muda* e, no caso de poder ser eliminado sem afectar o normal funcionamento do sub-processo, será colocado na coluna correspondente a *Muda* II. No caso contrário, este elemento de trabalho será atribuído à coluna *Muda* I.

Neste ponto será possível à organização eliminar actividades que não criam valor e que a sua remoção não afecte o normal funcionamento do sub-processo (actividades 9 e 10 na Figura 3.2), ou seja, todo o *Muda* II, e passar à próxima análise do sub-processo.

3.2.5 Análise de *Muda* Funcional e *Muda* I no Sub-processo

Para esta etapa é necessário identificar um outro tipo de classificação de desperdício. A este terceiro tipo de *Muda*, que se optou por nomear *Muda* Funcional, equivalem actividades que embora não correspondam a nenhuma das FRP nem possam ser eliminadas na situação actual do sub-processo (ou seja, pertencem à categoria de *Muda* I na análise anterior), correspondem a uma de outras funções do sub-processo, sejam estas FRO ou FRCE. Estes elementos, em muitos casos, poderão corresponder a actividades relacionadas com o controlo da qualidade ou higiene e segurança ocupacionais, cuja eliminação levaria a custos elevados mas que, numa situação de estado ideal, não deveriam ser necessários nem consumir recursos. A tabela de incorporação de actividades em funções terá então o aspecto da Figura 3.3.

De modo a não duplicar as actividades, todos os elementos que não criam valor, mas que correspondem a *Muda* Funcional, devem ser deslocados da coluna *Muda* I para as colunas das funções para as quais são efectuados. Movimentações ou outros tipos de desperdício que ocorram em actividades para satisfazer FRO ou FRCE devem também constar das colunas de *Muda* Funcional pois estes só ocorrem devido a estas funções e de modo a poderem ser medidos os investimentos totais de recursos a si associados.

Actividades	Muda Funcional									Muda I	
	FRP			FRO			FRCE				
	FRP1	FRP2	(...)	FRO1	FRO2	(...)	FRCE1	FRCE2	(...)		
A1	x										
A2		x									
A3			x								
A4				x							
A5					x						
A6						x					
A7							x				
A8										x	
(...)										x	

Figura 3.3 - Funções versus Actividades: Segunda tabela

O que se pretende na análise de *Muda* Funcional não será considerar que actividades a este ligadas necessitam de ser eliminadas, mas sim medir o investimento de recursos do sub-processo associados a cada uma das restantes funções e aferir, em qual destas, uma actuação de melhoria criaria maior valor. Se na primeira análise, foi revista a criação de valor pelas FRU, na segunda e nesta terceira análise, pretende-se criar valor pela redução de recursos envolvidos no fornecimento das funções. Como tal, estudam-se as FRO e FRCE para que seja identificada qual destas funções está a consumir maior número de recursos e em qual, consequentemente, uma acção de melhoria tem maior potencial de criação de valor.

Nesta tabela, nas colunas de *Muda* Funcional, estarão expostos os investimentos de recursos, por turno, dia ou outro, destinados a tornar real o objectivo de cada uma das funções. No entanto, aqui não se encontrarão expostos os custos incorridos devido à distância actual ao objectivo traçado, ou seja, não estão indicados os recursos utilizados pela não correspondência total ao objectivo da função. Exemplificado, se o objectivo de uma FRO for a obtenção de zero defeitos e num turno forem produzidas em média dez peças defeituosas (independentemente de acções que os operadores façam destinadas a que não existam defeitos), existe ainda a alocação de recursos para o reprocessamento das peças ou processamento de novas peças que as substituam. Como tal deve acrescentar-se à tabela anterior, uma linha para preenchimento com estes valores, como exemplifica a Figura 3.4.

Actividades	Muda Funcional									Muda I
	FRP			FRO			FRCE			
	FRP1	FRP2	(...)	FRO1	FRO2	(...)	FRCE1	FRCE2	(...)	
A1	x									
A2		x								
A3			x							
A4				x						
A5					x					
A6							x			
A7										x
A8										x
(...)										
Investimento por Falta de Cumprimento do Objectivo da Função				x	x	x	x	x	x	

Figura 3.4 - Funções versus Actividades: Tabela completa

A soma do total das colunas referentes a cada uma das FRO ou FRCE e do seu investimento por não cumprimento de objectivos, funcionará como um indicador do potencial para a criação de valor. As funções que representarem maior total de recursos investidos serão aquelas em que uma melhoria deve ser efectuada para atingir maior criação de valor para o cliente externo. Esta escolha necessita de ter também em consideração a ponderação e hierarquia das funções. Como tal, propõe-se a utilização da equação 10 para o cálculo do Indicador de Potencial de Criação de Valor (IPCV) de cada função.

$$IPCV = Total\ de\ Recursos\ Investidos\ na\ Função \times Peso\ Absoluto\ da\ Função \quad (10)$$

Onde o total de recursos investidos na função corresponde à soma dos recursos da coluna referente a uma das FRO ou FRCE e do investimento por falta de cumprimento do seu objectivo. Na equação 10, o peso absoluto da função corresponde ao valor observado na matriz de ponderação das funções utilizada, como descrito na secção 3.2.2 e exemplificado na Figura 2.8. Este indicador permitirá aferir o potencial de criação de valor que uma actuação de melhoria em cada função contém, ou seja, permite identificar as prioridades de melhoria no sub-processo.

3.2.6 Avaliação do Valor Fornecido e Implementação de Melhorias

Após a identificação das prioridades de actuação, pode então ser escolhida a função em que se pretende actuar e desenvolvidas propostas a comparar e implementar.

No entanto, antes de proceder a esta etapa, deve ser calculado o valor total fornecido, para que possa ser efectuada uma comparação entre a situação inicial e posterior do sub-processo. Para este cálculo, propõe-se que se recorra a uma matriz do perfil da qualidade (Figura 2.9) e à equação 11.

$$\begin{aligned} & Valor\ Fornecido \\ &= \frac{Satisfação\ das\ Necessidades\ das\ FCE + FRU + FRO + FRCE}{Recursos\ Utilizados} \end{aligned} \quad (11)$$

Quando a implementação da proposta estiver concluída, as alterações no sub-processo e, a haver, no processo global devem ser analisadas. As alterações no sub-processo podem modificar dados nas tabelas construídas e as alterações no processo global podem provocar modificações no CSVSM. Por fim, devem voltar a ser efectuadas todas as análises aqui explicadas para que o processo de melhoria no sub-processo não termine.

3.3 – Discussão do Método Proposto

Realizando uma análise crítica ao método desenvolvido, devem aqui ficar expressas algumas considerações. Primeiramente, deve referir-se que a AFL foi montada com base no pressuposto de que um aumento do valor fornecido ao cliente interno ou organização resulta num aumento do valor para o cliente externo. Tal suposição poderá só ser verdadeira se a organização pretender transportar os seus ganhos para o consumidor, podendo esta apenas arrecadar os ganhos e aumentar os seus proveitos.

Seguidamente, salienta-se que o relativo nível de complexidade e mutabilidade deste método pode surgir como entrave à sua aplicação. A complexidade aqui referida prende-se com o número elevado de cálculos que devem ser realizados e a mutabilidade prende-se com o facto de estes cálculos poderem variar grandemente de caso para caso. Exemplificando, o que se optar por considerar como recursos disponíveis, bem como a relação entre as funções existentes ou o modo como o montante de recursos investidos por falta de cumprimento do objectivo da função é calculado, pode variar significativamente de implementação em implementação.

Paralelamente, factores como a exigência de um conhecimento aprofundado dos dois estilos de gestão e também dos processos e sub-processos que ocorrem na organização, podem resultar numa maior inércia de organizações na sua implementação. Propõe-se então a nomeação, em possíveis futuras aplicações da AFL em organizações, de um responsável pela implementação que compreenda as habilitações de um animador de Análise do Valor, bem como de um *Sensei* da PL.

Salienta-se também o facto de uma implementação completa deste método poder consumir recursos por um período de tempo relativamente elevado, pelo menos num primeiro ciclo de aplicação. Tais recursos, pela necessidade de conhecimentos profundos que já se referiu, terão de ser utilizados num patamar de gestão intermédio.

Por fim deve aqui ficar expresso que, para uma aplicação eficaz do método, é bastante provável que seja essencial o apoio por parte da gestão superior da organização pois o uso destas duas abordagens em simultâneo, a GV e a PL, poderá implicar uma mudança de raciocínio relativamente extrema.

Apesar destas possíveis restrições e condições necessárias, são esperadas vantagens que se considera tornarem a AFL atractiva para organizações que são geridas pelas premissas *Lean*:

- A implementação do método em análise trará uma mais clara noção do que representa valor para o cliente, seja este interno ou externo;
- A clarificação do valor tornará mais visível a presença dos vários tipos de desperdício existentes em processos produtivos e, em consequência, mais fácil a sua eliminação;
- São expectáveis melhorias no grau de inovação dos produtos, serviços e processos das organizações *Lean* graças à capacidade de abstracção de soluções predefinidas que provém da Análise Funcional.

Ao beneficiar destas vantagens, é expectável que possam ser fornecidos produtos, serviços ou processos que se encontrem alinhados com as reais necessidades dos consumidores. Pela soma destas características pensa-se que o método desenvolvido permitirá obter vantagens competitivas para organizações que optem pela sua implementação.

Segundo Gillham (2000), a investigação consiste em criar conhecimento e a sua matéria-prima é composta por provas que devem ser analisadas no seu contexto e, segundo Barañamo (2004), um caso de estudo é realizado para obter informação de um caso representativo de uma população, com o intuito de conhecer os impactos nessa população. Pretendendo-se investigar possíveis melhorias na PL, e considerando que tais melhorias impactariam principalmente na população composta por organizações que são geridas precisamente pelas premissas da PL, optou-se por prosseguir a corrente investigação através de um estudo de caso numa organização que se encontra acostumada a lidar com essas mesmas premissas. O capítulo seguinte descreve o estudo de caso que foi analisado e que pretendeu testar o método proposto face às expectáveis vantagens identificadas.

4. Teste do Método Proposto

4.1 – Introdução ao Estudo de Caso

Optou-se por implementar o segmento da AFL referente ao estudo de processos. A opção pela implementação de apenas uma das duas secções do método, prendeu-se com o facto de, ao contrário do que seria desejado, não ter existido possibilidade de implementar o método completo em tempo útil. Optou-se por testar a secção referente ao estudo de processos por se considerar que a sua aplicação representa uma maior contribuição para a integração dos dois estilos de gestão, quando comparada com a secção de desenvolvimento de produtos, serviços ou processos. Considera-se a sua contribuição superior visto que a PL se dedica principalmente à contínua gestão de processos produtivos e, como tal, o impacto da integração deverá primeiramente ser medido no seu âmbito habitual e só posteriormente num ambiente que mais se distancia de tal âmbito. Refira-se ainda que a aplicação dos conceitos da GV no desenvolvimento de novos produtos, serviços ou processos se encontra já documentado (Dallas, 2006; Thiry, 1997; Alexandre, 2002), contrariamente à sua aplicação contínua em processos, o que torna expectável a existência de menores dificuldades de integração na área de desenvolvimento e torna mais premente o estudo do segmento de análise a processos produtivos.

O estudo de caso descrito nesta dissertação pretendeu assim testar parcialmente o método proposto e explorar vantagens da integração da GV na PL. Para tal, este estudo ocorreu numa organização em que se considera que os conceitos da PL estão já disseminados, a *Delphi Automotive Systems* Portugal. Este caso representativo foi escolhido para que os seus resultados possam ser extrapolados à população geral de organizações que são geridas segundo os conceitos da PL e considerou por isso, como proposição, o facto de a *Delphi* ser uma dessas organizações.

Neste capítulo é exposta a organização que acolheu este estudo, bem como o produto e processo em que a análise incidiu. Antes da aplicação prática, o sub-processo onde ocorreu a implementação é estudado e, posteriormente, é aplicada a AFL. Por fim, é estudada uma alteração de melhoria no sub-processo, avaliado o seu impacto e discutidos os principais resultados obtidos no estudo de caso.

4.2 – Apresentação da Organização, Instalação e Produto em Estudo

A *Delphi* é um dos maiores fornecedores de produtos electrónicos e tecnológicos para a indústria automóvel a nível mundial. Embora alguns grupos individuais se tenham formado no começo desta indústria e tenham acompanhado toda a sua evolução, a *Delphi Corporation* como um todo, e no formato em que hoje consiste, é uma organização relativamente recente. Esta tornou-se totalmente independente apenas em Maio de 1999 mas está já presente em mais de trinta países. Apesar da especialização em peças automóveis, a *Delphi*, graças ao seu profundo conhecimento tecnológico, fornece também indústrias tão distintas como a construção civil ou o mercado das telecomunicações (<http://delphi.com>).

Esta organização encontra-se a operar em Portugal desde 1981 e está presente através de quatro fábricas e um centro de engenharia de produção. A *Delphi Automotive Systems Portugal* fornece uma grande variedade de produtos que incluem antenas, válvulas de controlo, sensores e produtos de navegação e ignição, entre outros (<http://delphi.com>).

A implementação do presente estudo ocorreu na fábrica da *Delphi Automotive Systems Portugal* no Seixal que emprega cerca de seiscentas e cinquenta pessoas. Esta opera a produção de componentes de ignições através de um sistema de moldagem, selagem e revestimento. O produto cujo processo foi alvo neste estudo, exposto na Figura 4.1, consiste numa ignição de motor e tem o nome de *Prince 70mJ Ignition Coil*. A sua produção é destinada a fornecer uma multinacional de referência da indústria automóvel.

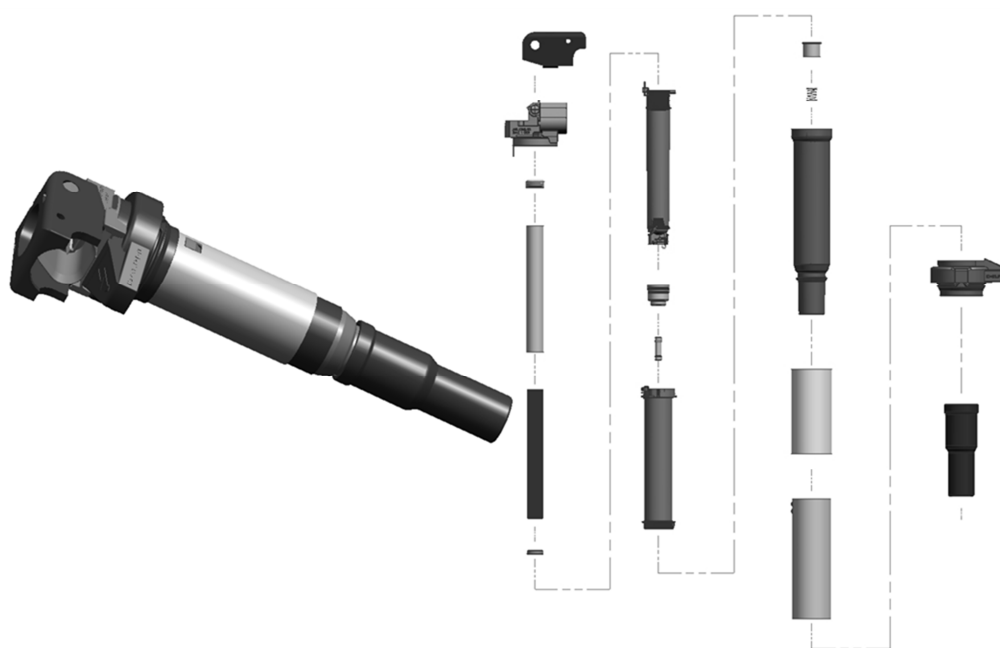


Figura 4.1 - Produto e sua decomposição
Cedido por: *Delphi Automotive Systems Portugal*

O *Prince 70mJ Ignition Coil* é composto por várias peças plásticas, metálicas e de borracha, todas elas produzidas na instalação do Seixal. Os principais componentes e conjuntos do produto estudado constam seguidamente na Figura 4.2.

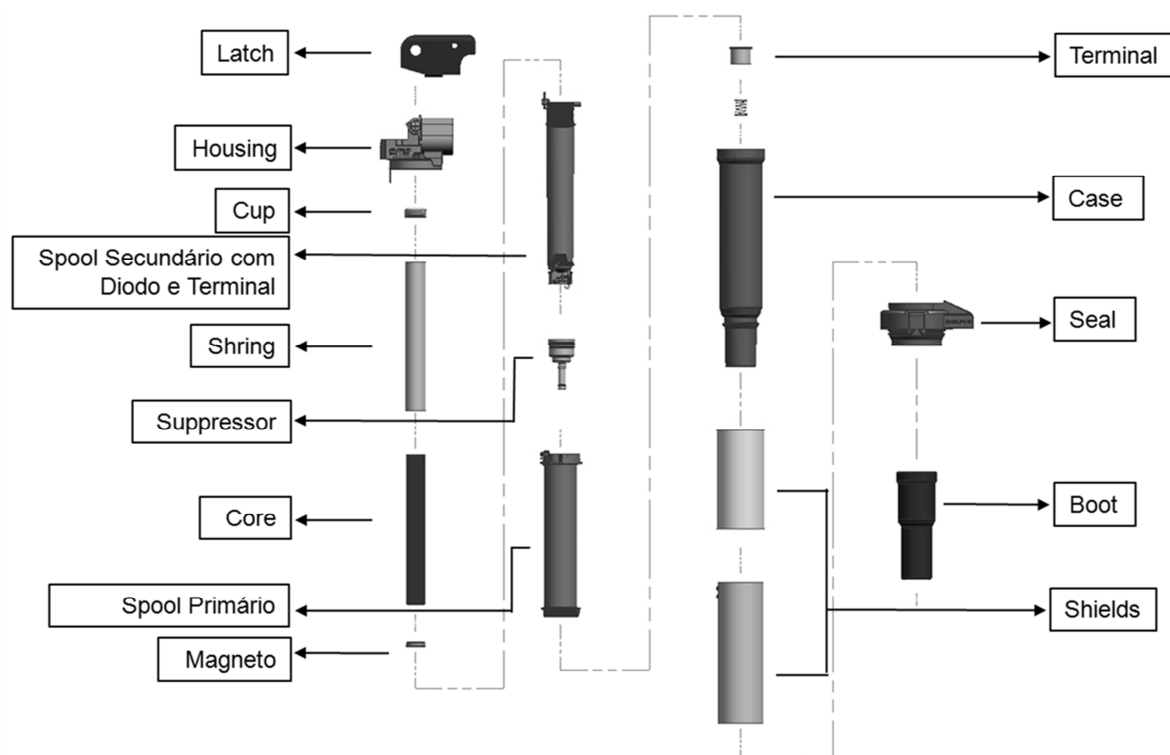


Figura 4.2 - Principais componentes e conjuntos do produto

O processo que permite a produção e montagem de todos estes componentes para formar o *Prince 70mJ Ignition Coil* é explicado na secção seguinte.

4.3 – Análise Geral do Processo em Estudo: VSM e Escolha de Sub-processo

Para a observação do processo de produção do *Prince 70mJ Ignition Coil* foi utilizado um VSM considerado pela organização como estando já analisado e revisto. Ou seja, a organização considera que o desperdício sistémico da cadeia de valor está já eliminado e que esta se encontra em consonância com os seus objectivos, sendo por isso considerado o CSVSM deste estudo.

Este diagrama foi desenvolvido com o auxílio do *software* eVSM e encontra-se na Figura 4.3, presente na página seguinte.

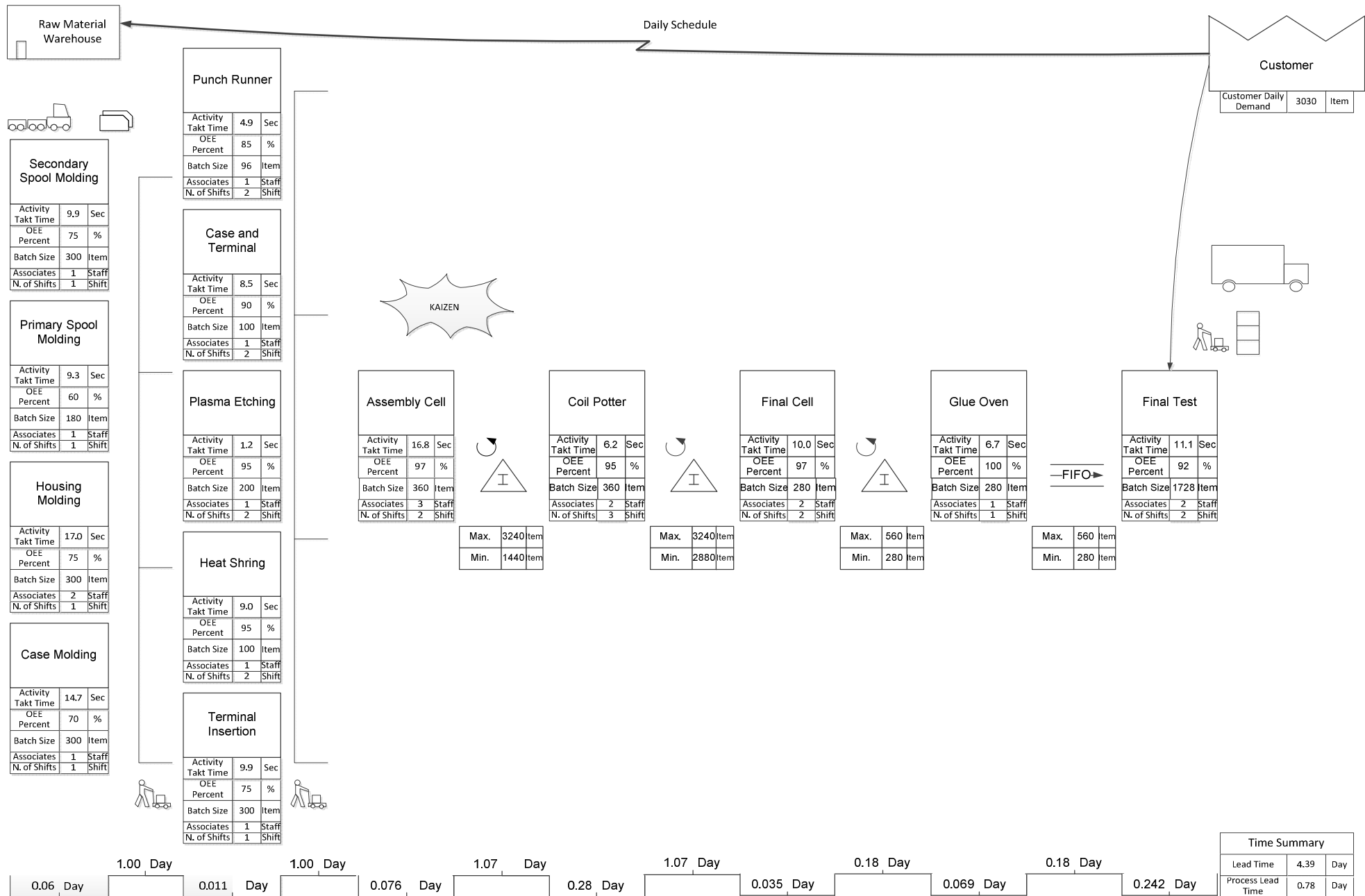


Figura 4.3 - VSM do Prince 70mJ Ignition Coil

Como se pode verificar na Figura 4.3, a cadeia de valor deste processo é iniciada por um pedido de encomenda electrónico onde consta o agendamento de produção diário necessário à encomenda do cliente. A encomenda é recebida no armazém de matérias-primas que distribui os materiais necessários e o lote dos *Kanban* de produção. Um *Kanban* pode ser uma variedade de coisas distintas, como um cartão ou um espaço delimitado, e serve como sistema de comunicação e ferramenta de melhoria contínua. Esta ferramenta fornece dois tipos de comunicação (incluindo, em qualquer uma delas, informação sobre a fonte e destino da peça, o seu número de identificação e a quantidade necessária), o movimento das peças ou *Kanban* de transporte (uma espécie de lista de compras) e os pedidos de produção ou *Kanban* de produção (Wilson, 2010).

A fase seguinte da cadeia envolve a moldagem, em paralelo, dos vários componentes plásticos do *Prince*, os *Spools* Primário e Secundário, o *Housing* e a *Case*. Em seguida, os plásticos são depositados num supermercado de produção onde aguardam a passagem para a etapa que se segue. Nesta segunda fase existem vários postos distintos. No primeiro (*Punch Runner*) são cortados excedentes de plásticos no *Spool* Primário, no segundo (*Case and Terminal*) um processo semelhante é efectuado à *Case* e é-lhe inserido um *Terminal*, no terceiro (*Plasma Etching*) e quarto posto (*Heat Shring*) é aplicado um tratamento de calor, respectivamente, ao *Housing* e ao *Shring*. Neste último, antes do tratamento de calor, são montados o *Shring*, o *Core* e o *Magneto*. Por fim, no último destes postos (*Terminal Insertion*) é inserido um Diodo e um *Terminal* no *Spool* Secundário.

De novo, após estes passos, os componentes são transportados para um supermercado de produção onde aguardam cerca de um dia.

A célula que se segue (*Assembly Cell*) incorpora a grande maioria dos componentes. O *Spool* Primário é inserido na *Case* e a estes é somado o *Spool* Secundário, o *Supressor*, o *Core*, o *Cup* e o *Housing*. Numa célula de produção, os equipamentos são organizados de maneira a que os operadores e as máquinas estejam em grande proximidade para reduzir os transportes e inventários de produtos em vias de fabrico. As células geralmente têm um formato em “U” ou “C” para que as matérias-primas e os bens acabados estejam perto entre si, o que ajuda a lidar com informação e materiais. O objectivo destes postos de trabalho é criar fluxos de uma só peça na produção de modo a não criar lotes (Wilson, 2010).

Posteriormente, na *Coil Potter* é inserido um isolador líquido nas peças, na *Final Cell* são montados os *Shields* e o *Seal*, no *Glue Oven* é feito um tratamento de calor para adicionar a *Boot* e, no *Final Test*, é inserido o *Latch* e são efectuados testes de qualidade.

Entre as etapas desde a *Assembly Cell* até ao *Glue Oven*, existem inventários intermédios que determinam a produção dos elementos seguintes e, no *Final Test*, a entrada de peças é feita segundo uma lógica *First In First Out* (FIFO).

Os produtos acabados são entregues por camião ao cliente final. O tempo de entrega desta cadeia de valor corresponde aproximadamente a 4 dias com um tempo de processamento de cerca 0,8 dias.

Para cada uma das etapas analisadas, o VSM da Figura 4.3 dispõe informação sobre a eficiência geral do posto (*Overall Equipment Efficiency* - OEE), o tamanho do lote que segue para o sub-processo seguinte (*Batch Size*), o número de turnos e colaboradores afectos a essa etapa e o seu *Takt Time*. O *Takt Time* surge como evolução do conceito alemão *Produktionstakt*, observado por uma delegação japonesa da *Toyota* antes da Segunda Grande Guerra (Holweg, 2007), e é usado para converter a procura do cliente numa taxa de produção a seguir, dividindo o tempo disponível total da instalação num dado período pela procura nesse mesmo período (Nash & Poling, 2008).

Como referido, a gestão da organização considerou que o processo geral de produção do *Prince Ignition Coil* se encontrava já bastante aperfeiçoado. Considerando também que os dados relativos às actividades que ocorrem em cada sub-processo se encontravam já identificados e rotulados, encerrou-se assim esta primeira análise prevista no método desenvolvido. Como tal, e também como previsto na AFL, prosseguiu-se para a fase seguinte do estudo.

4.4 – Análise do Estado Actual do Sub-processo Célula de Montagem

Após uma análise geral de todos os elementos da cadeia de valor do *Prince Ignition Coil*, e apesar de a AFL prever aplicações a todos estes elementos, optou-se por testar a integração de conceitos e ferramentas apenas no sub-processo *Assembly Cell* para obtenção de resultados em tempo útil. As razões para a escolha desta fase em particular prenderam-se com a aplicação de muitos dos conceitos da PL nesta etapa (célula em “U”, tentativa de fluxo sem inventários e outros), a maior complexidade desta célula quando comparada com as outras existentes na instalação e a necessidade, apontada pela organização, de implementação de melhorias neste patamar da cadeia de valor.

A *Assembly Cell* funciona num regime de dois turnos diários com três operadores e, apenas se as necessidades assim o ditarem, com um terceiro turno que poderá funcionar com dois ou três operadores. A Figura 4.4 demonstra a disposição espacial da célula.

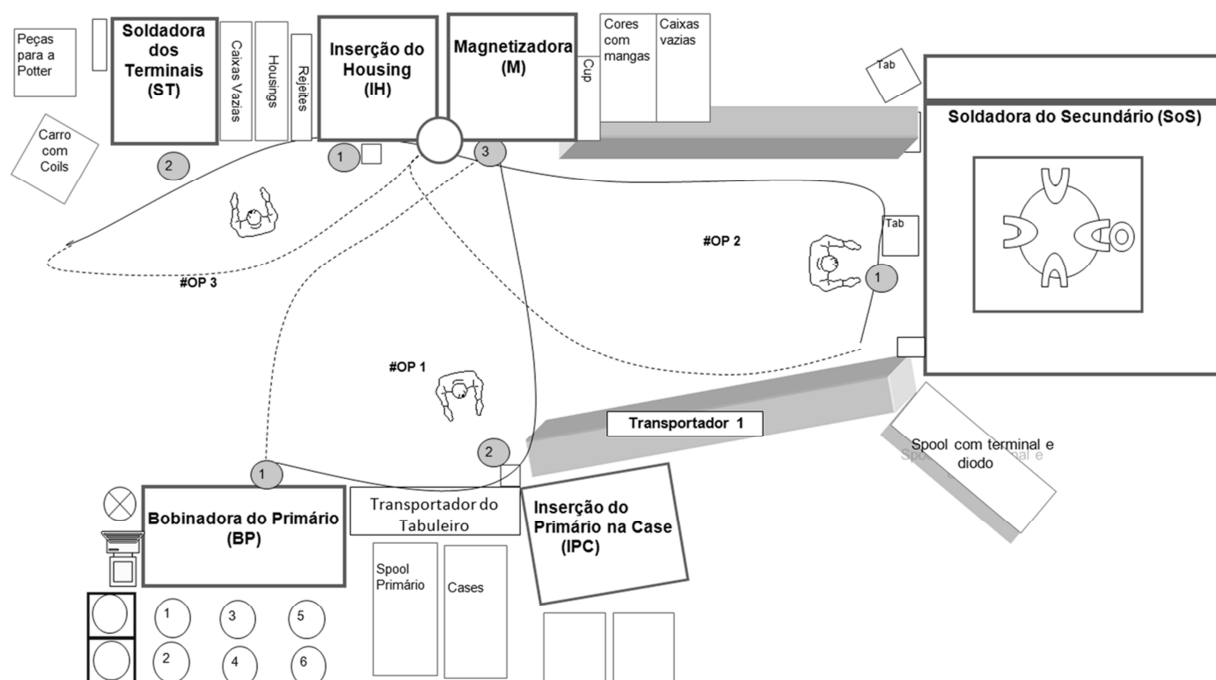


Figura 4.4 - Diagrama *Spaghetti* da Célula de Montagem
Cedido por: Delphi Automotive Systems Portugal

Este diagrama permite uma noção do enquadramento espacial da célula, dos postos e das deslocações cíclicas dos operadores. Nesta célula estão presentes sete máquinas, a Bobinadora do Primário (BP), a Inserção do Primário na *Case* (IPC), a Soldadora do Secundário (SoS), a Bobinadora do Secundário, a Inserção do *Housing* (IH), a Magnetizadora (M) e a Soldadora dos Terminais (ST). A Bobinadora do Secundário fornece a Soldadora do Secundário (SoS) e encontra-se já balanceada com esta, por isto não está representada na Figura 4.4 e os tempos e dados apresentados para a Soldadora do Secundário (SoS) terão já em conta as restrições e o impacto na Bobinadora do Secundário.

Existe uma sequência padronizada de operações de transformação pela qual os componentes prosseguem até estar terminada esta etapa da cadeia de valor. A descrição detalhada das actividades realizadas nesta sequência e fora dos ciclos de trabalho dos operadores, bem como os seus tempos de realização, podem ser consultadas no Anexo II.

As figuras seguintes destinam-se a sistematizar esta sequência e as precedências de máquinas e operadores. Na Figura 4.5 apresentam-se os tempos de máquina (TM) e os tempos manuais

ou de operador (TO) em cada uma das máquinas da célula, sendo perceptíveis as precedências do processo de montagem e os materiais trabalhados.

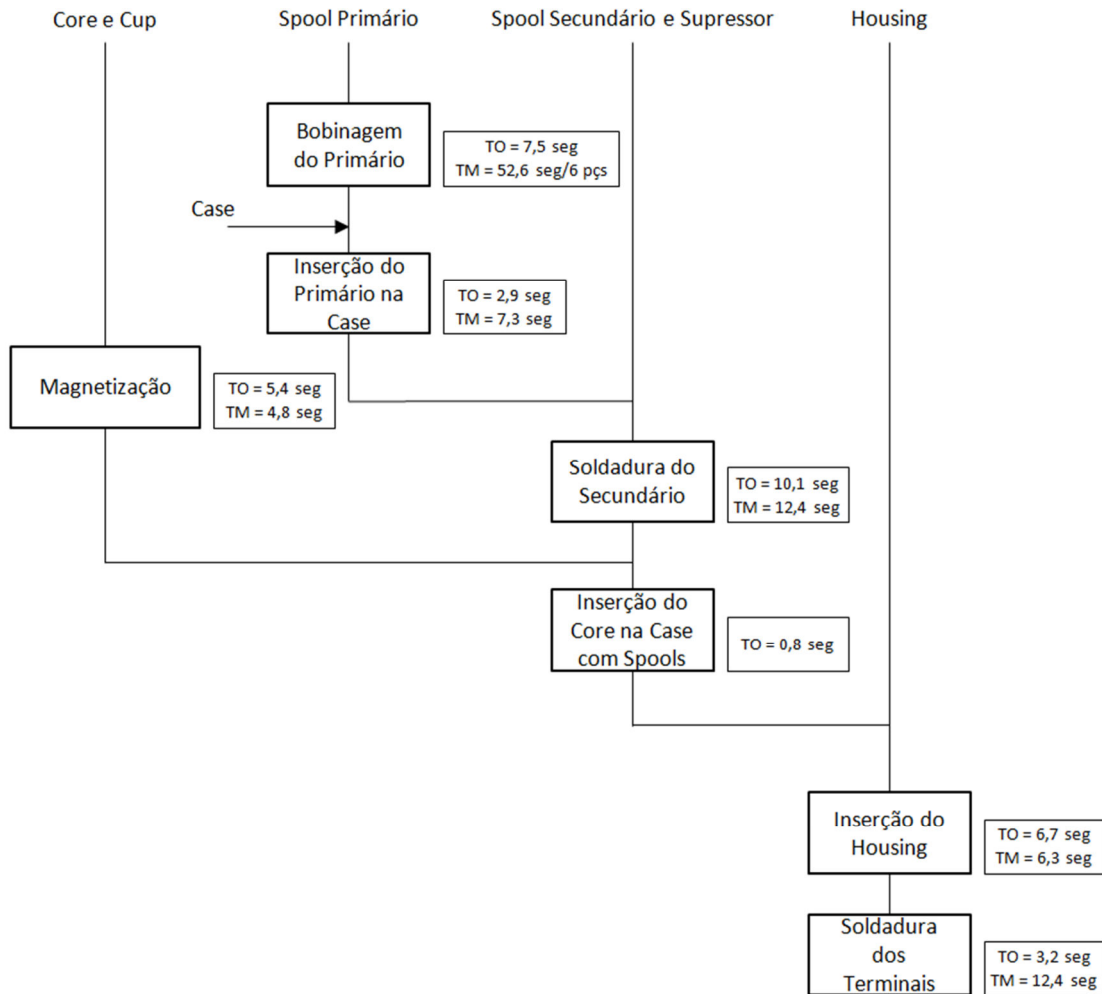


Figura 4.5 - Diagrama de Processo da Célula de Montagem

Um diagrama de análise de operações permite expor, em maior detalhe, a sequência referida e comparar propostas de melhoria que possam surgir. Para a sua construção devem ser tidas em consideração as regras que a Figura 4.6 apresenta (Melnik & Denzler, 1996).

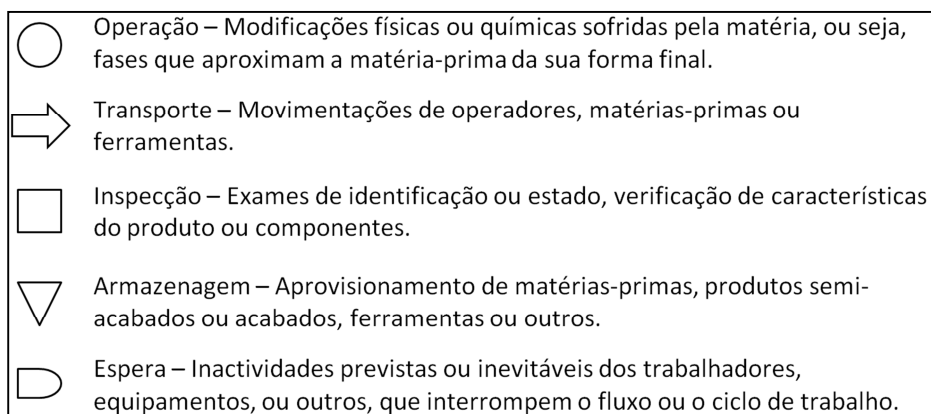


Figura 4.6 - Símbolos utilizados na construção de diagramas de análise de operações

No caso de dois tipos de actividade ocorrerem em simultâneo os símbolos de ambas devem ser sobrepostos no diagrama. Considerando estas regras, o processo que ocorre para cada peça nesta célula encontra-se sintetizado na Figura 4.7.

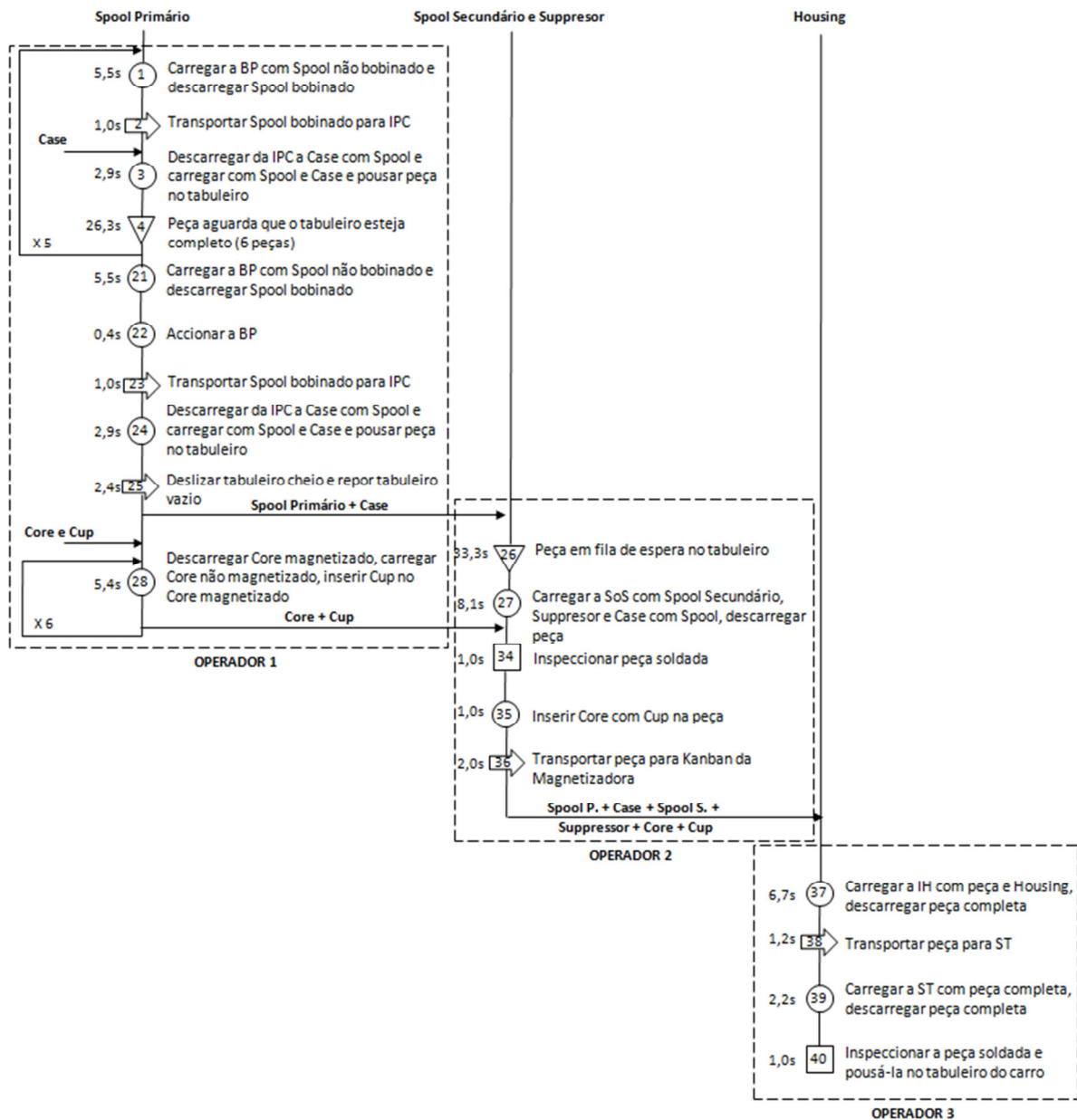


Figura 4.7 - Diagrama de análise de operações da Célula de Montagem

O ciclo inicia-se com a bobinagem do *Spool* Primário na Bobinadora do Primário (BP). Quando esta tarefa é terminada, o tabuleiro da Bobinadora do Primário (BP) desliza de modo a que o primeiro operador a descarregue e carregue com um *Spool*. Em seguida, o mesmo operador descarrega a Inserção do Primário na *Case* (IPC), carrega-a com um *Spool* e uma *Case* e coloca a peça num tabuleiro no Transportador 1. Quando estes pequenos lotes de seis peças estão completos, o operador empurra o tabuleiro pelo transportador para a Soldadora do Secundário (SoS). Este primeiro operador trabalha seis peças em cada ciclo devido à

capacidade da Bobinadora do Primário (BP) e, para esta ter tempo de completar a bobinagem dos *Spools* Primários, desloca-se até à Magnetizadora onde realiza a magnetização de seis *Cores* e lhes coloca um *Cup*. O tempo da primeira espera que está exposta no diagrama (operação 4) foi calculado através da média dos tempos de espera em que cada uma das seis peças incorre. A primeira peça espera cinco ciclos de trabalho na Inserção do Primário na *Case* (IPC) e Bobinadora do Primário (BP), a segunda peça espera quatro, as seguintes peças esperam menos um ciclo cada uma, até que a sexta peça não incorre em tempo de espera. A média de estes tempos resulta em 26,3 segundos por peça. O mesmo raciocínio foi efectuado para o tempo de espera das peças antes de serem retiradas para transformação pelo operador seguinte.

O segundo operador recebe o tabuleiro e carrega a Soldadora do Secundário (SoS) com uma das peças que daí provêm e com um *Suppressor* e *Spool* Secundário. O mesmo descarrega a Soldadora do Secundário (SoS), verifica a normalidade da peça seguinte, monta um *Core* com *Cup* na peça (que são também fornecidos pelo primeiro operador) e desloca-se até ao *Kanban* da Magnetizadora onde deve colocá-la.

O terceiro operador, que retira uma peça desse *Kanban*, carrega-a juntamente com um *Housing* na Inserção do *Housing* (IH) e descarrega uma peça com *Housing*. Por fim, este transporta-a até à Soldadora dos Terminais (ST), descarrega uma peça soldada, carrega a máquina, verifica o estado da peça completada e termina o ciclo colocando-a no tabuleiro do carro com *Coils*.

Os tempos apresentados neste diagrama são os que constam no Anexo II. Em certos casos, no entanto, estes foram subdivididos para melhor detalhar o processo. Foram atribuídos tempos representativos a estas actividades de modo a que sejam contabilizados sem alterar o tempo total do ciclo da *Assembly Cell*. Por este facto, por em anexo se encontrarem todas as actividades realizadas num turno (e não apenas as cíclicas) e também porque em análises posteriores foi necessário voltar a detalhar as actividades, a numeração seguida no diagrama de análise de operações da Figura 4.7 não é a mesma que a que se encontra no referido anexo.

Encontrando-se analisado o sub-processo geral, em seguida apresentam-se os ciclos de cada operador que foram estudados com recurso a diagramas Homem-Máquina. A Figura 4.8 apresenta uma síntese do ciclo que o primeiro operador realiza.

Este operador interage com três máquinas na *Assembly Cell*, a Bobinadora do Primário (BP), Inserção do Primário na *Case* (IPC) e a Magnetizadora (M). O Tempo Normal (TN) de

realização do seu ciclo é de cerca 99,6 segundos, ou 16,6 segundos por peça, visto que este trabalha seis peças nesse mesmo período.

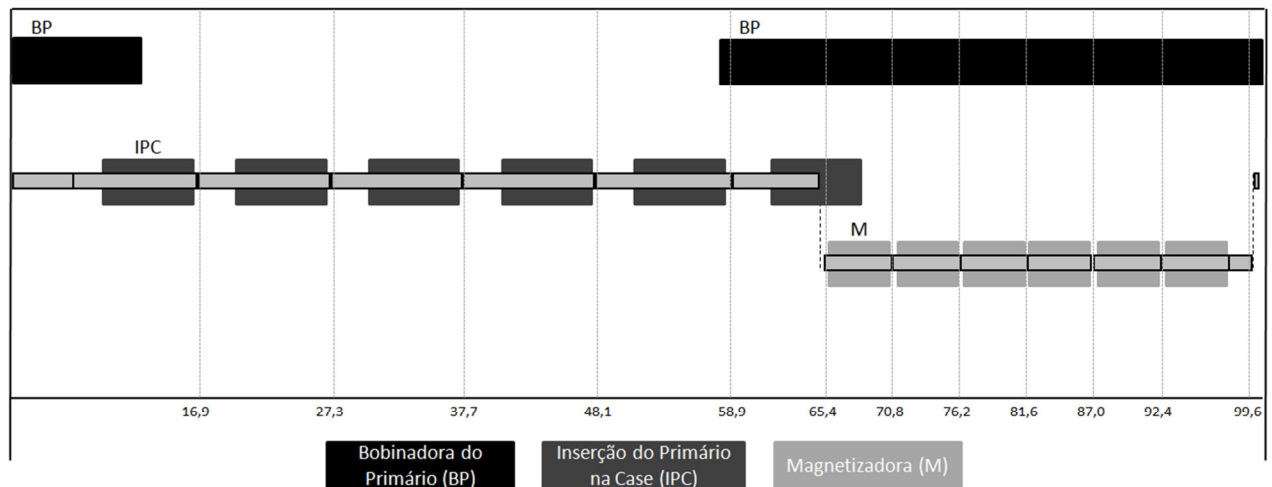


Figura 4.8 - Diagrama Homem-Máquina do primeiro operador

As actividades que envolvem a Bobinadora do Primário (BP) e a Inserção do Primário na Case (IPC), podem ser mais detalhadamente descritas através do diagrama que consta na Figura 4.9.

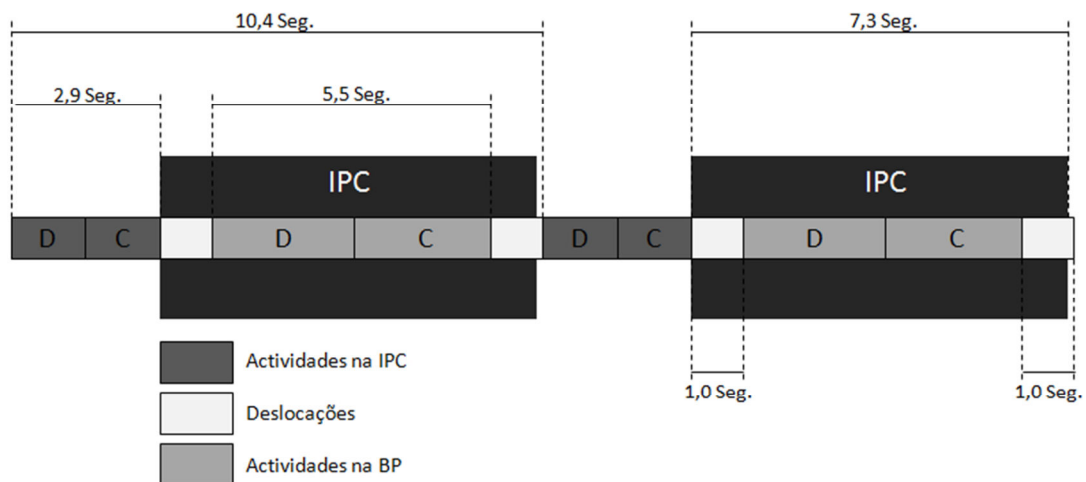


Figura 4.9 - Primeiro diagrama Homem-Máquina parcial do primeiro operador

Ao descarregar e carregar a Inserção do Primário na Case (actividades com letras D e C no diagrama), o operador demora cerca de 2,9 segundos e a máquina em questão opera durante 7,3 segundos. Foi atribuído um tempo representativo de um segundo para a deslocação entre o tabuleiro da Bobinadora do Primário (BP) e a Inserção do Primário na Case (IPC) e para a movimentação contrária. Este baixo valor foi atribuído pois a distância percorrida é bastante diminuta e não é fisicamente possível aproximar mais as duas máquinas. Visto que o ciclo do operador nestas máquinas é de 10,4 segundos (actividade 1 no Anexo II), o tempo de

carregamento e descarregamento de um *Spool* Primário no tabuleiro da Bobinadora do Primário (BP) será então de cerca de 5,5 segundos.

Estas são as actividades que o primeiro operador realiza nas primeiras quatro, de seis, peças trabalhadas. No entanto, para as duas peças seguintes, este adopta outro procedimento, como exposto na Figura 4.10.

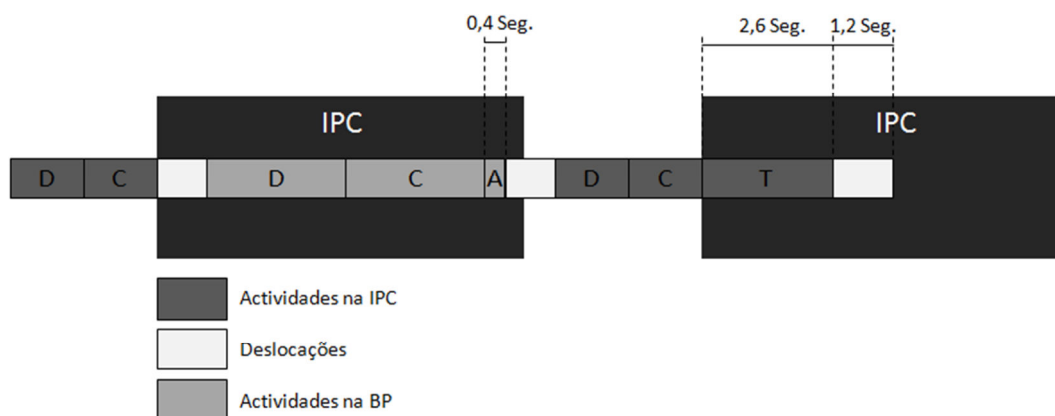


Figura 4.10 - Segundo diagrama Homem-Máquina parcial do primeiro operador

São aqui acrescentados o accionamento da Bobinadora do Primário (actividade com letra A no diagrama), a troca do tabuleiro do Transportador1 (actividade com letra T no diagrama) e a movimentação do operador, da Inserção do Primário na *Case* (IPC) para a Magnetizadora (M), com um tempo de, respectivamente, 0,4, 2,6 e 1,2 segundos (actividades 2, 3 e 4 no Anexo II). Em seguida, o mesmo operador monta seis *Cups* e *Cores* magnetizados (actividade com letra M no próximo diagrama), trabalhando unicamente com a Magnetizadora (M). Tais actividades são expostas na Figura 4.11.

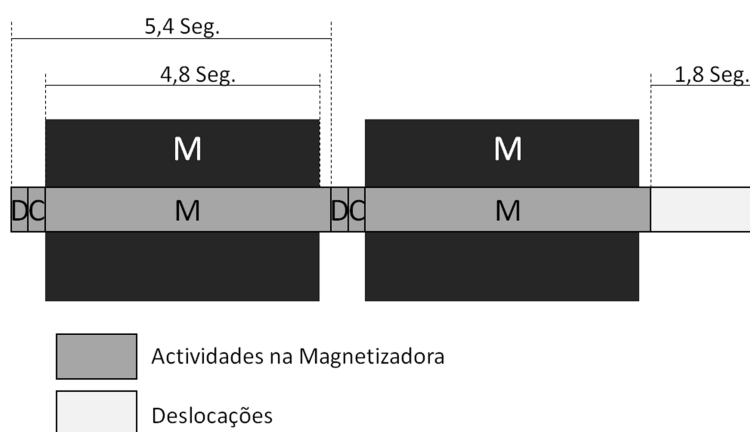


Figura 4.11 - Terceiro diagrama Homem-Máquina parcial do primeiro operador

O tempo manual do operador na Magnetizadora (M) é de cerca de 5,4 segundos, enquanto a máquina opera durante 4,8 segundos. Após a realização de seis magnetizações e montagens, é necessário contabilizar a deslocação final do ciclo do operador, desde a Magnetizadora (M) de

volta até ao tabuleiro da Bobinadora do Primário (BP). Esta actividade (sexta no Anexo II) tem uma duração de 1,8 segundos.

Como o próximo diagrama Homem-Máquina expõe, na Figura 4.12, o segundo operador da célula estudada interage apenas com a Soldadora do Secundário (SoS) no cumprimento das suas actividades cíclicas.

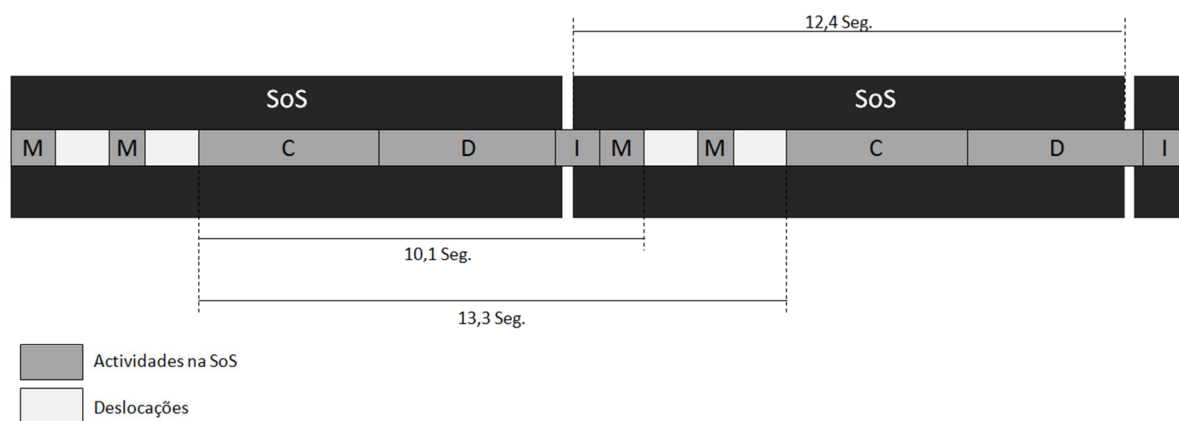


Figura 4.12 - Diagrama Homem-Máquina do segundo operador

Nesta máquina, o TO é de 10,1 segundos (actividade 15 do Anexo II) e nela estão incluídos o carregamento e descarregamento da Soldadora do Secundário (SoS), a inspecção da peça (actividade com letra I no diagrama) e a montagem do *Core* com *Cup* na *Case* (actividade com letra M no diagrama). Quando termina estas operações, o operador desloca-se até ao *Kanban* da Magnetizadora (M) onde coloca a peça, e retorna ao seu posto. O tempo consumido para este efeito é de 3,2 segundos (actividades 16, 17 e 18 no Anexo II). O TM da Soldadora do Secundário (SoS) é de cerca de 12,4 segundos. Esta máquina trabalha várias peças em simultâneo e não necessita de parar as operações para ser carregada. O TN de realização de um ciclo de produção que este operador necessita é então de 13,3 segundos.

Por fim, o terceiro colaborador da célula opera a Inserção do *Housing* (IH) e a Soldadora dos Terminais (ST) como o diagrama da Figura 4.13 expõe.

Também neste caso, as máquinas em funcionamento operam mais do que uma peça em simultâneo e não requerem uma paragem nas operações para carregamento de matérias-primas. O operador inicia o ciclo com o carregamento e descarregamento da Inserção do *Housing* (IH), actividade que consome 6,7 segundos, desloca-se em seguida e durante cerca de 1,2 segundos para a Soldadora dos Terminais (ST) onde, por fim, carrega e descarrega a máquina, inspeciona a peça no seu estágio final e a coloca num tabuleiro do carro que as levará ao sub-processo seguinte da cadeia de valor. O TO na Soldadora dos Terminais (ST) é de 3,2 segundos. A deslocação de volta para a Inserção do *Housing* (IH) dura também cerca

de 1,2 segundos o que resulta num TN de ciclo de 12,3 segundos. As acções aqui descritas correspondem às actividades 26 a 29 do Anexo II.

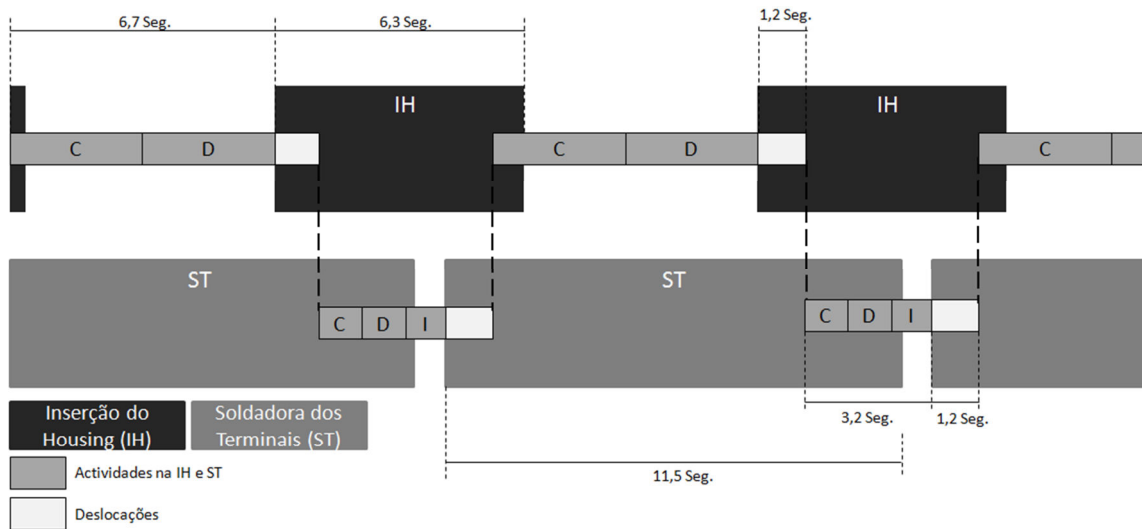


Figura 4.13 - Diagrama Homem-Máquina do terceiro operador

Os dados dos TN dos operadores e da sua taxa de ocupação, que podem ser depreendidos dos diagramas anteriores, encontram-se sintetizados no Quadro 4.1.

Quadro 4.1 - Tempo Normal e ocupação dos operadores

Operador	TN (seg.)	Ocupação (%)
1	16,6	100,0
2	13,3	80,1
3	12,3	74,1

Note-se que esta análise não tem em consideração os tempos de ocupação em actividades não cíclicas. Para ponderar estes factores no estudo do estado actual de funcionamento da *Assembly Cell*, foi calculada a percentagem de complementos de trabalho através da equação 12.

$$\% \text{ Complementos} = \frac{\sum \text{Tempo PF\&D}}{\text{Tempo Útil}} \quad (12)$$

Onde a sigla PF&D significa *Personal Fatigue and Delay*, ou seja, actividades relacionadas com motivos pessoais, fadiga ou atrasos esperados. O tempo útil aqui descrito representa o tempo de abertura de um ciclo, 7,75 horas na célula em estudo.

Aplicando esta equação a cada um dos operadores através da soma das restantes actividades que constam no Anexo II e tendo, como base para o cálculo, uma produção média de 1312

peças por turno (valor médio actual de produção no primeiro e segundo turnos) obtiveram-se os valores constantes no Quadro 4.2.

Quadro 4.2 - Percentagem e valor absoluto de complementos de trabalho de cada operador

Operador	PF&D (min.)	% Complementos
1	26,6	5,72%
2	48,1	10,35%
3	23,1	4,97%

Para analisar o tempo de produção de cada operador incluindo actividades não cíclicas, calculou-se o seu Tempo Padrão (TP) através da equação 13.

$$TP = TN \times (1 + \% \text{ Complementos}) \quad (13)$$

Obtiveram-se os valores expostos no Quadro 4.3.

Quadro 4.3 - Tempo padrão e ocupação dos operadores

Operador	TP (seg.)	Ocupação (%)
1	17,6	100,0
2	14,7	83,5
3	12,9	73,3

Pode então medir-se o tempo de produção de uma peça e a percentagem de ocupação de cada operador, como exposto no quadro. O primeiro operador apresenta o tempo mais elevado, sendo por isso aquele que restringe a célula e dita o seu tempo de produção. O segundo e terceiro operadores apresentam um TP substancialmente menor e uma percentagem de ocupação, em comparação com a restrição, de cerca de oitenta e cinco e setenta e cinco por cento, respectivamente.

Por falta de dados relativos ao número e tempo médio de paragens na célula devido a falhas em equipamentos ou outros motivos, não foi possível incorporar o valor real dos PFD. No entanto, pôde calcular-se o tempo médio real de produção de uma peça através do histórico de produção (presente no Anexo III), como os dados do Quadro 4.4 sintetizam.

Quadro 4.4 - Tempo padrão real da célula

	Nº dias trabalhados	Tempo de abertura do turno (7,75 horas por turno)	Produção total	Tempo Padrão (seg.)
1º Turno	21	162,75	25040	23,40
2º Turno	22	170,5	31117	19,73
Total	-	333,25	56157	21,36

Multiplicou-se então o número de dias trabalhados pelo tempo de abertura do respectivo turno e dividiu-se este valor pelo número de peças produzidas nesse período para obter o TP real na célula. Este valor tem já em consideração todas as paragens inevitáveis que ocorreram no mês de Dezembro, ou seja, todos os PFD, e permite obter uma média real para o tempo de processamento de uma peça na *Assembly Cell* neste mês, 21,4 segundos.

Encontrando-se analisado o sub-processo no geral e os procedimentos específicos seguidos pelos três operadores, iniciou-se o estudo do valor criado na *Assembly Cell*.

4.5 - Identificação, Organização, Caracterização e Hierarquização das Funções da Célula de Montagem

A análise das funções que o sub-processo deve realizar ocorreu com a participação activa de um especialista da instalação do Seixal, com conhecimento do processo geral, bem como da *Assembly Cell*, e resultou no diagrama FAST constante na Figura 4.14.

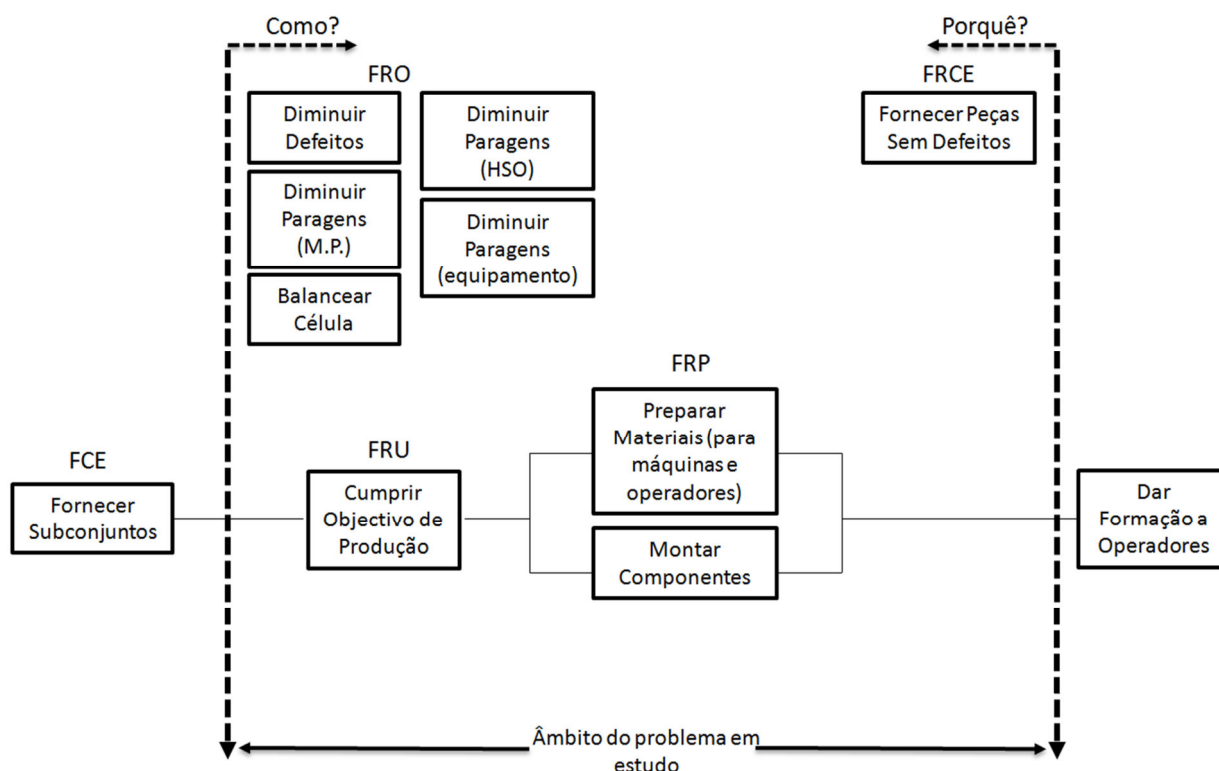


Figura 4.14 - Diagrama FAST da Célula de Montagem

Inicialmente foi identificado o utilizador do sub-processo, ou cliente interno. Para a *Assembly Cell*, este consiste na *Coil Potter*.

Em seguida o objectivo tornou-se a clarificação da necessidade do cliente externo para este sub-processo, ou seja, a FCE. Questionando-se o especialista sobre “o que deve este sub-processo realizar para o cliente externo?”, e lembrando-lhe as regras de definição de funções da Análise Funcional, obteve-se a resposta “Fornecer Subconjuntos”. Este é, de facto, o objectivo da célula de produção e, por isso, a FCE.

Em paralelo notou-se também a necessidade do cliente externo ver fornecidas peças sem defeitos. Esta função, visto que representa um requisito mínimo do cliente externo para todo o processo, foi considerada uma FRCE.

Perguntando “Como?” se realiza a função de “Fornecer Subconjuntos”, a resposta que se obteve foi a de “Cumprir Objectivo de Produção”. Esta função ficou definida então como a FRU e representa aquilo que o cliente interno, a *Coil Potter*, necessita para que possa funcionar com normalidade e sem paragens de produção devido à *Assembly Cell*.

Para dar como terminada a construção do diagrama FAST é também necessário definir as funções cujo não cumprimento leva a custos para a organização, ou seja, as FRO. O especialista da organização considerou, como principais criadores de custos para a organização, as paragens no tempo produtivo da célula por motivos de falta matéria-prima, falhas de equipamento ou por incidentes relacionados com Higiene e Segurança Ocupacionais (HSO), bem como a falta de balanceamento da célula e o reprocessamento de peças defeituosas ou o seu desperdício total (se não houver possibilidade de as reprocessar). Todas estas características foram expostas no FAST, segundo as regras de definição de funções como, “Diminuir Paragens” (devido a matéria-prima, equipamentos ou HSO), “Balancear Célula” e “Diminuir Defeitos”.

Esta última FRO distingue-se da FRCE, pois aqui o que se pretende é não reinvestir recursos para o reprocessamento ou desperdício total e, na FRCE, o que se pretende é que o cliente final não receba peças defeituosas que possivelmente trarão um prejuízo bastante superior para a organização.

Em seguida procedeu-se à definição dos objectivos para cada função. Os objectivos determinados encontram-se no Quadro 4.5.

O objectivo da FCE não foi definido pois a gestão da instalação imputa este valor ao seu planeamento diário, através do *Takt Time*, e assumiu-se então que o objectivo da FRU espelha este valor por turno. Pelo mesmo motivo, a FCE também não será analisada na próxima etapa do método (análise do fornecimento das FCE e FRU).

Quadro 4.5 - Objectivos das funções identificadas

	Funções	Objectivo
FRU	Cumprir Objectivo de Produção	Produção por turno = 1791 peças
FRO	Balancear Célula	Tempo Padrão igual para todos os operadores
	Diminuir Paragens (HSO)	Tempo de paragens por HSO = 0
	Diminuir Defeitos	Tempo de reprocessamento por defeitos = 0
	Diminuir Paragens (M.P.)	Tempo de paragens por falta de m.p. = 0
	Diminuir Paragens (equip.)	Tempo de paragens por falha de equipamento = 0
FRCE	Formecer Peças Sem Defeitos	Peças com defeito de montagem na Asembly Cell = 0

A procura do *Prince Ignition Coil* foi considerada, pela gestão da instalação, como estável nos meses seguintes à implementação deste estudo. Como tal, o objectivo da FRU está de encontro com os da administração da instalação que pretende que toda a produção ocorra nos dois primeiros turnos dos dias úteis, ou seja, sem recorrer ao terceiro turno ou aos fins-de-semana para completar as encomendas. Os dados de produção e o método seguido para obter este valor (1791 peças por turno) encontram-se expostos no Anexo III.

A relação proporcional do fornecimento da FRU com o fornecimento das FRP tornou desnecessária a definição dos objectivos destas últimas funções. Os seus objectivos estão enquadrados no objectivo da FRU.

Como referido anteriormente, na secção 3.2.2, os objectivos das restantes funções, espelham uma situação de valor criado ideal ou maximizado.

Para a atribuição de um indicador que permita comparar soluções, espelhe as fracções intangíveis do valor e permita medir o potencial de criação de valor através de uma actuação em cada função, foi necessário hierarquizar e atribuir um peso ou ponderação a cada uma das funções do processo (exceptuando as FRP devido à sua relação directa com a FRU). Obteve-se matriz de ponderações que consta na Figura 4.15.

Os valores que são colocados na matriz indicam a relação de importância entre as funções presentes na linhas e colunas, exemplificando, a função “A - Cumprir Objectivo de Produção” tem preferência de valor médio em relação à função “B - Balancear Célula”, como tal, o valor que consta na célula do canto superior esquerdo é “A2”. Os valores do peso absoluto na

Figura 4.15 obtêm-se pela soma dos níveis de preferência atribuídos na coluna e linha referente a cada função, por exemplo, observando a função “E - Diminuir Paragens (equipamento)” nota-se que o seu peso absoluto é igual à soma dos níveis de preferência da sua coluna ($E1+E2+E1+A2 = 4$) e dos níveis de preferência da sua linha ($F3+G2 = 0$), o que resulta num peso absoluto de quatro ($4+0$) valores.

	B - Balancear Célula	C - Diminuir Paragens (mp)	D - Diminuir Defeitos	E - Diminuir Paragens (equipamento)	F - Diminuir Paragens (HSO)	G - Fornecer Peças Sem Defeitos	Total - Peso Absoluto	Peso (%)	Total - Peso Absoluto Ajustado	Peso (%)
A - Cumprir Objectivo de Produção	A2	A2	A2	A2	F1	G1	8	19,0	8	19,0
B - Balancear Célula		B2	B2	E1	F3	G2	4	9,5	4	9,5
		C - Diminuir Paragens (mp)	D2	E2	F3	G2	0	0,0	1	2,4
			D - Diminuir Defeitos	E1	F3	G2	2	4,8	2	4,8
				E - Diminuir Paragens (equipamento)	F3	G2	4	9,5	4	9,5
					F - Diminuir Paragens (HSO)	F2	15	35,7	15	35,7
						G - Fornecer Peças Sem Defeitos	9	21,4	8	19,0

Nível de Preferência:
1 - Preferência Ligeira
2 - Preferência Média
3 - Preferência Elevada

Figura 4.15 - Matriz de ponderações das funções da Célula de Montagem

Segundo a gestão da organização, a função cujo cumprimento do seu objectivo tem maior ponderação é a função “Minimizar Paragens (HSO)”. Tal deve-se ao facto da organização querer manter níveis de segurança elevados para que não ocorram danos materiais ou com operadores que resultam em elevados custos para a organização (estes custos não serão contabilizados no investimento de recursos dessa função pois são imputáveis à organização como um todo, e não à célula de produção em estudo).

Em seguida a organização valoriza bastante o fornecimento, ao cliente externo, de peças sem defeitos. A sua ponderação é até superior ao cumprimento da FRU pois o custo de produzir com níveis de qualidade inferiores aos esperados pode resultar no fim do relacionamento entre fornecedor e cliente. Esta função, como referido anteriormente, consiste num requisito mínimo do cliente externo.

Seguidamente, na escala de ponderação das funções, observa-se que a organização valoriza o cumprimento do objectivo de produção e depois as FRO que correspondem a *cost drivers* do sub-processo.

4.6 – Análise do Fornecimento da Função Relacionada com o Utilizador da Célula de Montagem

O valor para o cliente interno (*Coil Potter*) pôde ser então definido através da equação 14.

$$\text{Valor Cliente Interno} \propto \frac{\text{Cumprir Objectivo de Produção}}{23,25 \text{ horas}} \quad (14)$$

Na equação 14 optou-se por representar os recursos que levam à criação de valor através de dados temporais de modo a que possam ser comparadas soluções e situações tendo como base este tempo disponível. O valor de 23,25 horas foi obtido, simplesmente, pela multiplicação do tempo de abertura do primeiro ou segundo turnos (7,75 horas) pelo número de operadores que aí desempenham funções (3 operadores).

Ao observar os dados do Anexo III, verifica-se que o nível de produção de qualquer um dos dois turnos se encontra bastante abaixo dos objectivos propostos, 1791 peças por turno. A média de produção, em dias úteis do mês de Dezembro, do primeiro turno foi de cerca de 1290 peças e do segundo turno de cerca de 1415 peças. Note-se ainda que apenas por uma vez o objectivo para um turno foi cumprido.

O critério de aceitação usado para definir se o sub-processo deveria ser alvo de um estudo de reformulação (através de um estudo de Análise do Valor) foi a capacidade, por parte da organização, de cumprir a encomenda do cliente externo. Ou seja, a capacidade de produzir a quantidade planeada recorrendo ao terceiro turno disponível e ao trabalho em dias não úteis.

Considerando a organização que foi possível corresponder à encomenda e tendo em conta que embora o objectivo de produção não seja cumprido, as FRP são efectuadas, procedeu-se à continuação do estudo interno do sub-processo e não ao seu re-desenvolvimento.

4.7 – Análise de *Muda* II na Célula de Montagem

Considerando a definição de valor da GV (relação entre satisfação de funções e recursos despendidos) e a noção de *Muda* da PL (actividades que não criam valor), uma actividade que não contribua directamente para a realização de uma FRP deve ser considerada desperdício.

Para dar início a esta análise, as trinta e três actividades de operadores inicialmente observadas (presentes e descritas em detalhe no Anexo II) foram distribuídas pelas FRP que constam do diagrama FAST. Quando o caso de uma actividade não corresponder a nenhuma das funções do processo ocorreu, esta foi atribuída à categoria *Muda II* ou *Muda I*, consoante a existência, ou não, de possibilidade de eliminação na situação actual da *Assembly Cell*. O tempo despendido por turno na realização das actividades foi calculado tendo por base a produção média anteriormente referida (1312 peças). Obtiveram-se os resultados expostos no Quadro 4.6.

Quadro 4.6 - Actividades versus Funções, análise ao “Muda II”

		FRP		Muda I	Muda II
		Montar Componentes	Preparar Materiais		
Actividades OP1 (min/turno)	1		227,4		
	2		1,5		
	3			9,5	
	4			4,4	
	5	118,1			
	6			6,6	
	7			3,1	
	8			1,1	
	9			0,9	
	10			2,8	
	11			5,8	
	12			11,5	
	13			0,1	
	14			1,3	
Actividades OP2 (min/turno)	15		220,9		
	16			26,2	
	17		17,5		
	18			26,2	
	19			12,1	
	20			8,0	
	21			14,6	
	22			6,6	
	23			5,5	
	24			0,4	
	25			1,0	
Actividades OP3 (min/turno)	26		146,5		
	27			26,2	
	28		70,0		
	29			26,2	
	30			2,2	
	31			3,9	
	32			1,2	
	33			15,8	
Total (min/turno)		118,1	683,7	223,2	0,0

Ao analisar as actividades individualmente, a gestão da instalação considerou que não existiam operações que pudessem ser eliminadas imediatamente, ou seja, *Muda II*. Consequentemente, todas as actividades que não contribuem directamente para a realização das FRP foram, momentaneamente, consideradas como *Muda I*.

Não existindo actividades a eliminar imediatamente, procedeu-se para a fase seguinte do estudo do valor na *Assembly Cell*.

4.8 – Análise de *Muda* Funcional e *Muda I* na Célula de Montagem

Este patamar da implementação pretendeu, inicialmente, a imputação das actividades consideradas *Muda* Funcional às funções para as quais contribuem. Ocorrendo a situação de alguma das actividades descritas no Anexo II corresponder a mais do que uma função do diagrama FAST, esta foi subdividida em elementos menores de modo a que pudessem ser imputáveis somente a uma função. A divisão de actividades ocorreu como seguidamente se expõe.

Todos os dados de tempos recebidos da organização para este estudo foram considerados como válidos. Inicialmente, foram identificadas trinta e três actividades como exposto no Anexo II, no entanto, para o preenchimento das tabelas de actividades por função, foi necessário que algumas destas fossem detalhadas em maior pormenor e separadas em elementos, de modo a que pudessem ser atribuídas a apenas uma função. Obtiveram-se as actividades, para o primeiro operador, que se encontram no Quadro 4.7, presente na página seguinte.

Em todas as actividades que necessitaram de ser divididas em elementos menores optou-se por manter o seu número original mas separando-as por um ponto e um novo número, como as actividades 10.1 e 10.2 exemplificam. Neste quadro, bem como nos que serão expostos posteriormente e se referem às actividades dos restantes operadores da *Assembly Cell*, encontram-se presentes uma descrição da actividade, o tempo decorrido em cada uma destas e a frequência com que ocorrem.

As actividades 10.1 e 10.2, bem como, 11.1 e 11.2 foram obtidas pela divisão de actividades que correspondiam a mais do que uma função. Foi atribuído um tempo de 10 segundos para o preenchimento das folhas de rastreio, tempo este que foi subtraído no tempo total da

actividade para se obter o tempo das actividades 10.1 e 11.1. Estes tempos não foram sujeitos a um estudo de cronometragem de modo a minimizar erros pelo uso de tempos medidos de modo diferente de aquele que foi seguido pela organização e por se considerar que o impacto no tempo total de *Muda* Funcional seria diminuto visto não serem actividades que ocorrem em todos os ciclos do operador.

Quadro 4.7 - Actividades do primeiro operador

Operador	Nº	Descrição da Actividade	Tempo Médio (Seg.)	Frequência
1	1	Retirar com a mão esquerda um Spool do kanban, inserir no tabuleiro da BP, descarregar com a mão esquerda um Spool bobinado, andar para a IPC, descarregar a IPC com a mão esquerda, carregar com a mão direita, colocar a peça no tabuleiro e andar para o tabuleiro da BP	10,4	1/ Peça
	2	Accionar BP	0,4	1/6 Peças
	3	Deslizar tabuleiro cheio pelo Transportador1, pegar num tabuleiro vazio e colocar no Transportador1	2,6	1/6 Peças
	4	Andar da IPC para a Magnetizadora	1,2	1/6 Peças
	5	Com a mão esquerda retirar a peça magnetizada, com a direita inserir o Core no ninho, inserir-lhe o Cup e colocar a peça no kanban	5,4	1/Peça
	6	Andar da Magnetizadora para o tabuleiro do BP	1,8	1/6 Peças
	7	Apontar valor da tensão da 1ª bobinagem e retirar as primeiras peças para testes	185,4	1/turno
	8	Passar os masters na IPC e retirar as 3 primeiras peças para teste ao início do turno	68,0	1/turno
	9	Passar os masters na Magnetizadora e verificar se as primeiras 3 peças dão rejeite ao início do turno	54,0	1/turno
	10.1	Troca de caixa vazia de Spool por cheia [e <i>preenchimento da folha de rastreio</i>] (cada caixa leva 190 Spools)	14,2	1/190 Peças
	10.2	[E <i>preenchimento da folha de rastreio</i>]	10,0	1/190 Peças
	11.1	Troca de caixa vazia de cases por cheia [e <i>preenchimento da folha de rastreio</i>] (cada caixa leva 90 cases)	13,7	1/90 Peças
	11.2	[E <i>preenchimento da folha de rastreio</i>]	10,0	1/90 Peças
	12	Troca de bobine da bobinadora do Primário (com andares)	264,6	1/505 Peças
	13	Troca de caixa vazia de cups por cheia (cada caixa leva 400 cups)	2,4	1/400 Peças
	14	Troca de caixa vazia de cores por cheia (cada caixa leva 100 cores)	6,0	1/100 Peças

As actividades do segundo operador são as que preenchem o Quadro 4.8.

Quadro 4.8 - Actividades do segundo operador

Operador	Nº	Descrição da Actividade	Tempo Médio (Seg.)	Frequência
2	15.1	Com a mão direita pegar na Case com Primário do tabuleiro do Transportador1, com a mão esquerda pegar no Suppressor, colocar com a mão direita a Case com Primário no ninho, com a mão esquerda colocar o Suppressor, pegar com a mão direita do tabuleiro um Spool com Terminal e Diodo, descarregar a peça montada com a mão esquerda, inserir com a mão direita o Spool com Terminal e Diodo, accionar o botão para a peça recolher, [<i>Inspeccionar no monitor a soldadura e as pontas de bobinagem, accionar o botão para confirmar a integridade da peça e a máquina andar</i>] e [<i>Colocar um Core na peça</i>]	8,1	1/Peça
	15.2	[<i>Inspeccionar no monitor a soldadura e as pontas de bobinagem, accionar o botão para confirmar a integridade da peça e a máquina andar</i>]	1,0	1/Peça
	15.3	[<i>Colocar um Core na peça</i>]	1,0	1/ Peça
	16	Andar da SoS para o kanban da Magnetizadora	1,2	1/ Peça
	17	Colocar a peça no Kanban	0,8	1/ Peça
	18	Andar do kanban da Magnetizadora para a SoS	1,2	1/ Peça
	19	Passar Masters na BS ao início do turno (com andares)	728,4	1/turno
	20	Troca de bobine na BS (cada bobine serve 659 Secundários) (com andares)	241	1/659 Peças
	21	Aspirar BS de 2 em 2 horas (com andares)	219	4/turno
	22	Troca de tabuleiro vazio por cheio de Cores (18 cores) (com andares)	5,4	1/18 Peças
	23	Troca de tabuleiro vazio de Primários com Case por cheio (6 peças)	1,5	1/6 Peças
	24	Troca de tabuleiro vazio de Suppressors por cheio (126 Suppressors)	2,4	1/126 Peças
	25	Preenchimento da folha de rastreio dos Spools com terminal e diodo	12,7	1/291 Peças

Também as actividades 15.1, 15.2 e 15.3 necessitaram de ser extraídas de actividades que correspondiam a mais do que uma função. Ao tempo de realização das actividades 15.2 e 15.3 foi atribuído um segundo e este valor foi subtraído ao tempo total da actividade inicial para obter o tempo da actividade 15.1. Um estudo de cronometragem destes tempo mostrou-se contraproducente pelos motivos anteriormente referidos e também por se tratar de actividades que ocorrem em períodos de tempo muito diminutos, o que levaria à necessidade de uma

amostra de dimensão muito elevada, e porque na maioria das ocorrências o operador as realiza em simultâneo com outras acções.

Ao longo de um turno de trabalho, o terceiro operador realiza as actividades presentes no Quadro 4.9.

Quadro 4.9 - Actividades do terceiro operador

Operador	Nº	Descrição da Actividade	Tempo Médio (Seg.)	Frequência
3	26	Pegar com a mão direita a peça do kanban da Magnetizadora, com a mão esquerda pegar no Housing. Inserir o Housing no ninho da máquina, descarregar a peça montada, inserir o Spool com Case e Core no ninho da máquina	6,7	1/ Peça
	27	Andar com a peça para ST	1,2	1/ Peça
	28.1	Com a mão esquerda carregar no botão p/ parar a máquina, retirar com a mão direita a peça soldada do ninho da ST, inserir com a mão esquerda a peça para soldar, accionar a máquina e [<i>Inspeccionar a soldadura da peça</i>]	2,2	1/ Peça
	28.2	[<i>Inspeccionar a soldadura da peça</i>]	1,0	1/ Peça
	29	Andar da ST para a IH	1,2	1/ Peça
	30	Passar os masters na IH ao início do turno (com andares)	134,4	1/turno
	31.1	Trocar caixa de Housings vazia por cheia [<i>e preencher folha de rastreio</i>] (cada caixa leva 200 Housings)	25,8	1/201 Peças
	31.2	[<i>E preencher folha de rastreio</i>]	10,0	1/201 Peças
	32	Verificar o nível de fluxo na ST ao início e a meio do turno	36,4	2/turno
	33	Trocar Topo cheio por vazio (cada topo leva 14 peças) (com andares)	10,1	1/14 Peças

As actividades 28.1 e 28.2, 31.1 e 31.2, foram também alvo de alterações para corresponderem uma só função. Na definição do tempo da actividade 28.2, o critério foi o mesmo que o seguido para as actividades 15.2 e 15.3. Nos elementos resultantes da actividade inicial 31 seguiu-se o mesmo critério usado para as actividades 10 e 11.

Prosseguiu-se esta análise pela distribuição das actividades que não correspondem a nenhuma da FRP pelas restantes funções, FRO ou FRCE. Esta ordenação, tal como a anterior, ocorreu com a participação da gestão da instalação a quem foi perguntado, actividade a actividade, qual o objectivo que se pretende atingir pela realização destas operações. Actividades que não

corresponderam a nenhuma das funções descritas foram mantidas na coluna *Muda I*. O resultado desta imputação de actividades consta no Quadro 4.10.

Quadro 4.10 - Actividades versus Funções, análise ao “Muda Funcional” e “Muda I”

		Muda Funcional								Muda I
		FRP		FRO					FRCE	
		Montar Componentes	Preparar Materiais	Diminuir Defeitos	Diminuir Paragens (equipamento)	Diminuir Paragens (m.p.)	Diminuir Paragens (HSO)	Balancear Célula	Fornecer Peças Sem Defeitos	
Actividades OP1 (min/turno)	1		227,4							
	2		1,5							
	3					9,5				
	4									4,4
	5	118,1								
	6									6,6
	7			3,1					3,1	
	8			1,1					1,1	
	9			0,9					0,9	
	10.1					1,6				
	10.2			1,2					1,2	
	11.1					3,3				
	11.2			2,4					2,4	
	12					11,5				
	13					0,1				
	14					1,3				
Actividades OP2 (min/turno)	15.1		177,1							
	15.2			21,9					21,9	
	15.3	21,9								
	16									26,2
	17		17,5							
	18									26,2
	19			12,1					12,1	
	20					8,0				
	21						14,6			
	22					6,6				
	23					5,5				
	24					0,4				
	25			1,0					1,0	
Actividades OP3 (min/turno)	26		146,5							
	27									26,2
	28.1		48,1							
	28.2			21,9					21,9	
	29									26,2
	30			2,2					2,2	
	31.1					2,8				
	31.2			1,1					1,1	
	32				1,2					
	33					15,8				
Total (min/turno)		139,9	618,1	68,9	1,2	66,4	14,6	0,0	68,9	115,9

Desde logo se pode verificar que não existe investimento de recursos associados a algumas funções, caso da função “Balancear Célula” ou ainda da função “Diminuir Paragens” relacionadas com equipamento que apenas consome cerca de um minuto por turno. Tal facto verifica-se pois a gestão da organização considera que poucas actividades realizadas pelos operadores contribuem directamente para o cumprimento dos objectivos das funções, nenhuma actividade no caso da função “Balancear Célula” e apenas a actividade 32 no caso da função “Diminuir Paragens (equipamento)”. Constatase também que, embora estas funções não tenham o mesmo objectivo, todo o investimento incorrido para a satisfação da FRO “Diminuir Defeitos” é também imputável à FRCE “Fornecer Peças Sem Defeitos”. Estas duas funções, depois das FRP e *Muda I*, são as funções que consomem mais recursos por turno.

De realçar também que as actividades que se mantiveram na coluna referente ao *Muda I* consistem em movimentações de operadores em actividades cíclicas e representam um grande consumo de recursos na célula de produção.

Denota-se pela análise mais aprofundada do Quadro 4.10 que o total de recursos imputáveis às funções presentes se revela bastante inferior ao total disponível, 1025 minutos de um total de 1395, ou 23,25 horas. Para analisar as percentagens de recursos associadas a cada função, como efectuado no Quadro 4.11, devemos ter em consideração este valor total e não a soma dos recursos imputados.

Quadro 4.11 - Recursos investidos directamente e percentagens do total disponível

	Função	Recursos investidos directamente por turno (min.)	Recursos investidos directamente por turno (%)
FRP	Montar Componentes	139,9	10,0%
	Preparar Materiais	618,1	44,3%
FRO	Diminuir Defeitos	68,9	4,9%
	Diminuir Paragens (Equipamento)	1,2	0,1%
	Diminuir Paragens (M.P.)	66,4	4,8%
	Diminuir Paragens (HSO)	14,6	1,0%
	Balancear Célula	0,0	0,0%
FRCE	Fornecer Peças Sem Defeitos	68,9	4,9%
	<i>Muda I</i>	115,9	8,3%

Pode então notar-se que mais de cinquenta por cento do tempo disponível é utilizado em actividades que criam valor, ou seja na realização das FRP. Cerca de dez por cento dos recursos são utilizados para tentar que os objectivos das FRO sejam cumpridos, principalmente na tentativa de diminuir defeitos e paragens relacionadas com matéria-prima. Embora esta percentagem se encontre duplicada (por corresponder às mesmas actividades que

a função “Diminuir Defeitos”), cerca de cinco por cento do tempo dos operadores é usado na tentativa de fornecer, ao cliente externo, peças sem defeitos. Por fim, cerca de oito por cento do tempo é consumido por actividades que não criam valor nem pretendem a obtenção de nenhum objectivo de alguma FRO ou FRCE.

Do Quadro 4.11 ressalta o facto de, como referido anteriormente, nem todos os recursos estarem a ser consumidos por alguma função ou serem atribuídos à coluna do *Muda I*. De facto, apenas cerca de setenta e cinco por cento destes investimentos estão contabilizados até este ponto.

Para que os restantes recursos sejam imputados a funções presentes no processo e para aferir o seu custo real, é necessário avaliar o investimento por não cumprimento dos objectivos das funções, ou seja, a distância da situação actual para a situação ideal de fornecimento das funções.

4.8.1 Recursos Investidos em “Balancear Célula”

Para quantificar o investimento de recursos devido à falta de balanceamento da célula de produção em foco, recorreu-se aos dados que a Figura 4.16 apresenta.

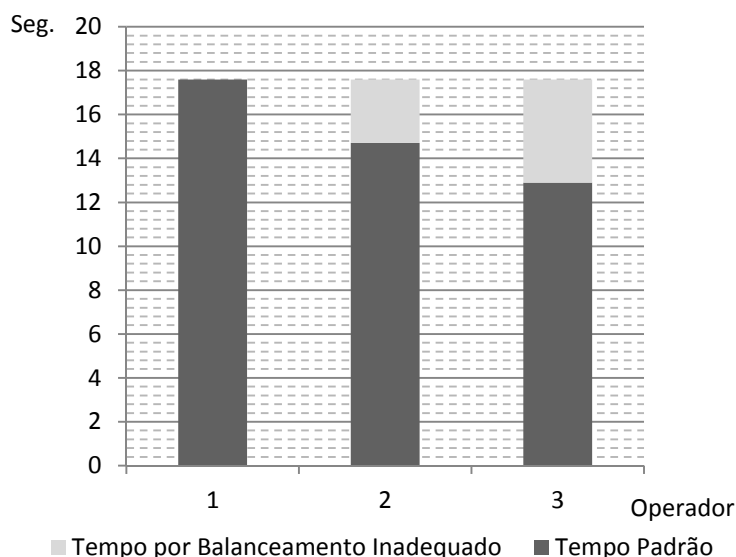


Figura 4.16 - Tempo padrão e tempo por balanceamento inadequado

Este gráfico expõe os TP de cada operador, anteriormente calculados, e a diferença entre o tempo do operador com maior TP e os restantes. A diferença dos TP entre os operadores foi considerada um investimento por não cumprimento da função “Balancear Célula”. Multiplicando esta diferença, 2,9 segundos para o segundo operador e 4,7 segundos para o terceiro, pelo número médio de peças produzidas, obtêm-se o valor total de investimento por

distância à situação ideal. Visto que não existe utilização directa de recursos, no turno, para o cumprimento desta função, obtém-se o montante total de recursos investidos nesta função apresentados no Quadro 4.12.

Quadro 4.12 - Investimento total de recursos na função “Balancear Célula”

Investimento directo de recursos no turno (min/turno)	Investimento por falta de cumprimento do objectivo da função (min/turno)	Investimento total (min/turno)
0	166,2	166,2

O investimento total de recursos na função “Balancear Célula” tem assim um valor de 166,2 minutos por turno.

4.8.2 Recursos Investidos em “Diminuir Paragens por Equipamento”

Para o cálculo do tempo incorrido por falta de cumprimento deste objectivo, considerou-se que a diferença entre o TP calculado para a célula de produção, 17,6 segundos por peça, e o tempo standard real da célula, 21,4 segundos por peça, se deve a paragens não programadas na produção. A Figura 4.17 aglomera e expõe estes dados.

A diferença entre o TP mais elevado e o tempo real médio de produção é igual a 3,8 segundos. Se multiplicarmos este tempo por três (número de operadores) e por 1312 (produção média por turno) obtém-se um total de 249,3 minutos por turno desperdiçados em paragens não programadas.

No Anexo IV encontram-se os tempos totais de paragens devido a falhas de equipamento, matéria-prima e outros. Estes valores totais não se encontram discriminados por turno ou por operador nem tão pouco existem dados sobre o número de paragens. Como tal optou-se por medir a percentagem de paragens devido a cada função e imputar-lhe essa mesma percentagem do tempo de paragens não programadas (249,3 minutos).

Somando o tempo total das colunas de *Down Time* e *Lost Time* presentes no quadro do Anexo IV, obtém-se todas as paragens que se considerou levarem à diferença entre os TP dos operadores e o tempo médio real de produção de uma peça na célula. Foram ignorados os valores dos meses anteriores a Dezembro por não se ter informação relativa ao número de turnos trabalhados, normais ou terceiro turnos, nem relativos ao número de dias, úteis ou não úteis, em que ocorreu produção na *Assembly Cell*.

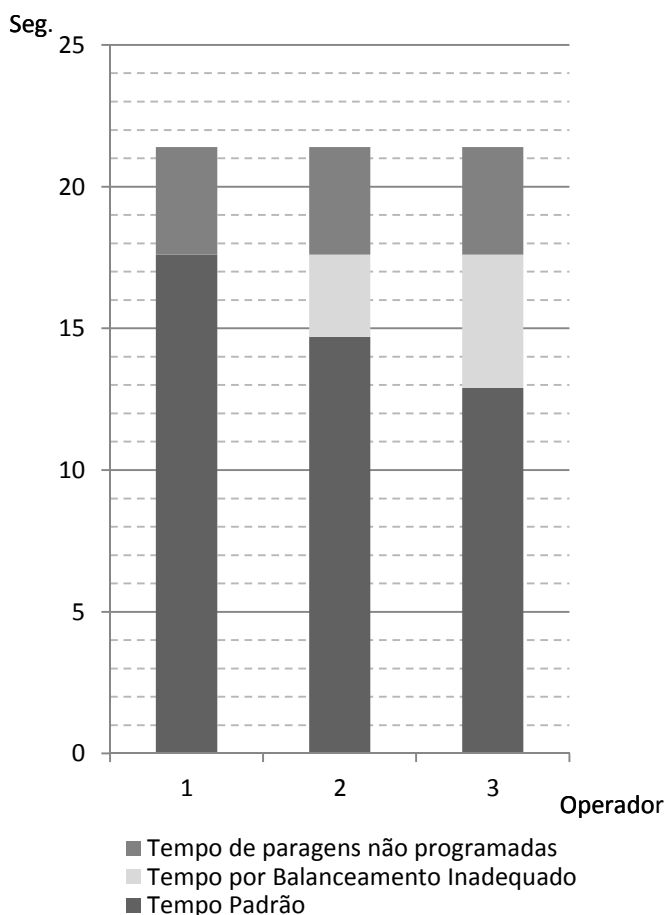


Figura 4.17 - Tempo padrão, tempo por balanceamento inadequado e tempo de paragens não programadas

Todas as paragens relacionadas com as máquinas presentes na *Assembly Cell* foram imputadas à função “Diminuir Paragens (equipamento)”. As únicas excepções para esta atribuição seriam paragens relacionadas com a “limpeza do pote da solda” que, segundo a gestão da instalação, devem ser imputadas às funções “Diminuir Defeitos” e “Fornecer Peças Sem Defeitos”. Estas paragens, no entanto, não ocorreram no mês de Dezembro logo o total da coluna de *Down Time*, presente no quadro do Anexo IV, foi atribuído à função “Diminuir Paragens (equipamento)”. Considerado este facto, à função “Diminuir Paragens (equipamento)”, foi imputada uma percentagem de 74,9% da discrepância dos tempos.

Considerando esta percentagem dos cerca de 250 minutos por turno, identificados como representando as paragens não programadas, e somando a este valor o investimento directo de recursos que consta no Quadro 4.10, obtêm-se os valores presentes no Quadro 4.13.

Quadro 4.13 - Investimento total de recursos na função “Diminuir Paragens por equipamento”

Investimento directo de recursos no turno (min/turno)	Investimento por falta de cumprimento do objectivo da função (min/turno)	Investimento total (min/turno)
1,2	186,7	187,9

O investimento total de recursos na função “Diminuir Paragens (equipamento)” tem assim um valor de 187,9 minutos por turno.

4.8.3 Recursos Investidos em “Diminuir Paragens por Matéria-prima”

Dos restantes tempos presentes no quadro do Anexo IV, a grande maioria foi atribuída pela organização à função “Diminuir Paragens (matéria-prima)”. O Quadro 4.14 apresenta um excerto do referido anexo e expõe as paragens que foram atribuídas a esta função.

Quadro 4.14 - Paragens de produção atribuídas à função Diminuir Paragens por matéria-prima

Razões de Paragens	Tempo Total (min.)
Mudança de Matéria-prima	188,66
Falta de Peças (submontagens)	1833,76
Falta de Matéria-prima	662,58
Falta de Matéria-prima - Routing	0
Falta Submontagens (Célula Fornecedora)	28,1
Falta de Spare Parts	0
Total (min.)	2713,1

Seguindo a lógica que se utilizou para calcular o valor de investimento por falta de cumprimento da função anterior, este total representa 21,4% do total de paragens não programadas na célula. Obtiveram-se os valores constantes no Quadro 4.15.

Quadro 4.15 - Investimento total de recursos na função “Diminuir Paragens por matéria-prima”

Investimento directo de recursos no turno (min/turno)	Investimento por falta de cumprimento do objectivo da função (min/turno)	Investimento total (min/turno)
66,4	60,1	126,5

O investimento total de recursos na função “Diminuir Paragens (matéria-prima)” tem assim um valor de 126,5 minutos por turno.

4.8.4 Recursos Investidos em “Diminuir Paragens por HSO”

A gestão da instalação considerou que não ocorreram paragens devido a incidentes de HSO no período temporal em estudo e não estão presentes, no histórico do Anexo IV, quaisquer paragens que sejam imputáveis a esta função. Como tal, obtiveram-se os valores presentes no Quadro 4.16.

Quadro 4.16 - Investimento total de recursos na função “Diminuir Paragens por HSO”

Investimento directo de recursos no turno (min/turno)	Investimento por falta de cumprimento do objectivo da função (min/turno)	Investimento total (min/turno)
14,6	0	14,6

O investimento total de recursos na função “Diminuir Paragens (HSO)” obteve assim um valor de 14,6 minutos por turno.

4.8.5 Recursos Investidos em “Diminuir Defeitos”

Para aferir o total dos recursos associados a esta função, foram ponderados os tempos de processamento de peças defeituosas e os tempos, anteriormente calculados, de investimento directo para cumprimento do objectivo da função.

Conferindo, no Anexo IV, a percentagem de qualidade (considerada pela gestão da instalação como o rácio de peças boas sobre o total de peças produzidas) dos últimos três meses, obtém-se uma média de 3,4% de peças defeituosas. Multiplicando esta percentagem pela produção média do turno, pelo número de operadores e pelo TP do operador mais lento, obtém-se o total de recursos associados ao processamento destas peças. O Quadro 4.17 expõe este valor e também os recursos investidos directamente na função.

Quadro 4.17 - Investimento total de recursos na função “Diminuir Defeitos”

Investimento directo de recursos no turno (min/turno)	Investimento por falta de cumprimento do objectivo da função (min/turno)	Investimento total (min/turno)
68,9	39,3	108,2

Optou-se por considerar o tempo total de produção de uma peça, e não apenas uma sua percentagem, pois o operador que se apercebe do defeito da peça perde tempo na sua análise e depósito no repositório de peças defeituosas e também devido ao facto de os operadores que se seguem na célula de produção poderem incorrer em tempos de espera até que uma nova peça, em boas condições, lhes seja fornecida.

O investimento total de recursos na função “Diminuir Defeitos” tem então um valor de 108,2 minutos por turno.

4.8.6 Recursos Investidos em “Fornecer Peças Sem Defeitos”

A gestão da instalação considerou que a quantidade de peças com defeitos que provêm da *Assembly Cell* e chegam às mãos do cliente é bastante diminuta e não foi possível, com os dados disponibilizados, a sua medição concreta. Como tal considerou-se como nulo o montante de recursos associados ao não cumprimento do objectivo desta função. Obtiveram-se então os valores expostos no Quadro 4.18.

Quadro 4.18 - Investimento total de recursos na função “Fornecer Peças Sem Defeitos”

Investimento directo de recursos no turno (min/turno)	Investimento por falta de cumprimento do objectivo da função (min/turno)	Investimento total (min/turno)
68,9	0	68,9

O investimento total de recursos na função “Fornecer Peças Sem Defeitos” tem assim um valor de 68,9 minutos por turno.

4.8.7 Indicador de Potencial de Criação de Valor

Recorrendo aos quadros anteriores e à matriz de ponderação de funções, calculou-se um indicador que permitisse medir o potencial de criação de valor de cada função. Este indicador, que se optou por nomear Indicador de Potencial de Criação de Valor (IPCV), foi calculado com recurso à equação 10 (ver secção 3.2.5). O seu valor, para cada uma das funções relacionadas com a organização e cliente externo, encontra-se no Quadro 4.19.

Quadro 4.19 - Cálculo do IPCV de cada função

Função	Investimento Total	Peso Absoluto	IPCV
Balancear Célula	166,2	4	665
Diminuir Paragens (mp)	126,5	1	127
Diminuir Defeitos	108,2	2	216
Diminuir Paragens (equipamento)	187,9	4	752
Diminuir Paragens (HSO)	14,6	15	219
Fornecer Peças Sem Defeitos	68,9	8	551

Os valores do peso absoluto de cada função provêm da matriz de ponderações das funções da Assembly Cell (Figura 4.15) e foram multiplicados pelos investimentos totais de recursos anteriormente calculados. Usou-se o valor absoluto dos pesos pois estes demonstram a hierarquia de importâncias das funções e porque o IPCV consiste num indicador adimensional que pretende apenas realizar uma comparação entre a urgência de actuação nas funções.

Constatou-se então que a função “Diminuir Paragens (equipamento)” é aquela que representa uma maior necessidade de actuação, seguida pela função “Balancear Célula”.

É também possível verificar que, embora os objectivos destas funções sejam praticamente cumpridos e o seu investimento de recursos seja relativamente diminuto, o IPCV da FRCE e da FRO relacionada com a segurança e higiene na célula é bastante elevado. Estes valores espelham a ponderação significativa que a organização lhes atribui.

4.9 – Análise do Valor Fornecido na Célula de Montagem

Tendo em consideração os valores dos custos de investimento por falta de cumprimento do objectivo de cada função, bem como a sua relação hierárquica, procedeu-se à análise do valor actual fornecido pelo sub-processo em estudo. Para este efeito recorreu-se a uma matriz do perfil da qualidade, usando os pesos percentuais das funções da matriz de ponderação, que resultou nos valores presentes no Quadro 4.20.

Quadro 4.20 - Matriz de perfil de qualidade e valor fornecido

	Funções						
	A	B	C	D	E	F	G
	Cumprir Objectivo de Produção	Balancear Célula	Diminuir Paragens (mp)	Diminuir Defeitos	Diminuir Paragens (equipamento)	Diminuir Paragens (HSO)	Fornecer Peças Sem Defeitos
Coef. Ponderação (Φ)	19,0	9,5	2,4	4,8	9,5	35,7	19,0
Mínimo Aceitável (Sma)	6,6	4	4	4	4	9	9
Processo Existente (Spex)	7,3	4	5	8	4	10	10

$\Sigma(\Phi \times S)$	Custo (horas)	Valor
812,9	23,35	34,81

Como referido, os coeficientes de ponderação provêm da matriz de ponderações que se construiu, exposta na Figura 4.15.

Os valores de satisfação mínima e existente da FRU (Cumprir Objectivo de Produção) foram calculados considerando que um valor de dez unidades na satisfação ocorreria apenas se a produção da célula correspondesse ao objectivo de 1791 peças por turno e que o valor mínimo aceitável equivale a esta produção mensal, subtraída do total de um mês de produção do terceiro turno. Ou seja, calculou-se a produção objectivo mensal dos dois primeiros turnos e subtraiu-se a este valor, o total de um mês de produção no terceiro turno. Depois desta redução, distribui-se de novo este valor para se obter a produção mínima por turno que assegure que não é necessário recorrer a trabalho em dias não úteis. Seguindo uma lógica proporcional, obtiveram-se os valores de Sma e Spex (neste caso Satisfação do processo

existente, e não produto existente). Os restantes índices de satisfação foram definidos tendo em consideração a importância das respectivas funções e o impacto do seu não cumprimento.

Constatou-se então que o sub-processo na *Assembly Cell* fornece, actualmente e segundo a equação 11, valor num montante de aproximadamente 34,8 unidades.

4.10 – Melhoria em Estudo e Comparação do IPCV e Valor Fornecido

Tendo em consideração o valor elevado do IPCV da função “Balancear Célula” foi estudada uma solução de disposição e balanceamento da célula, distinta da actual. Para a implementação desta sugestão, a disposição espacial da célula foi ligeiramente alterada, como a Figura 4.18 demonstra.

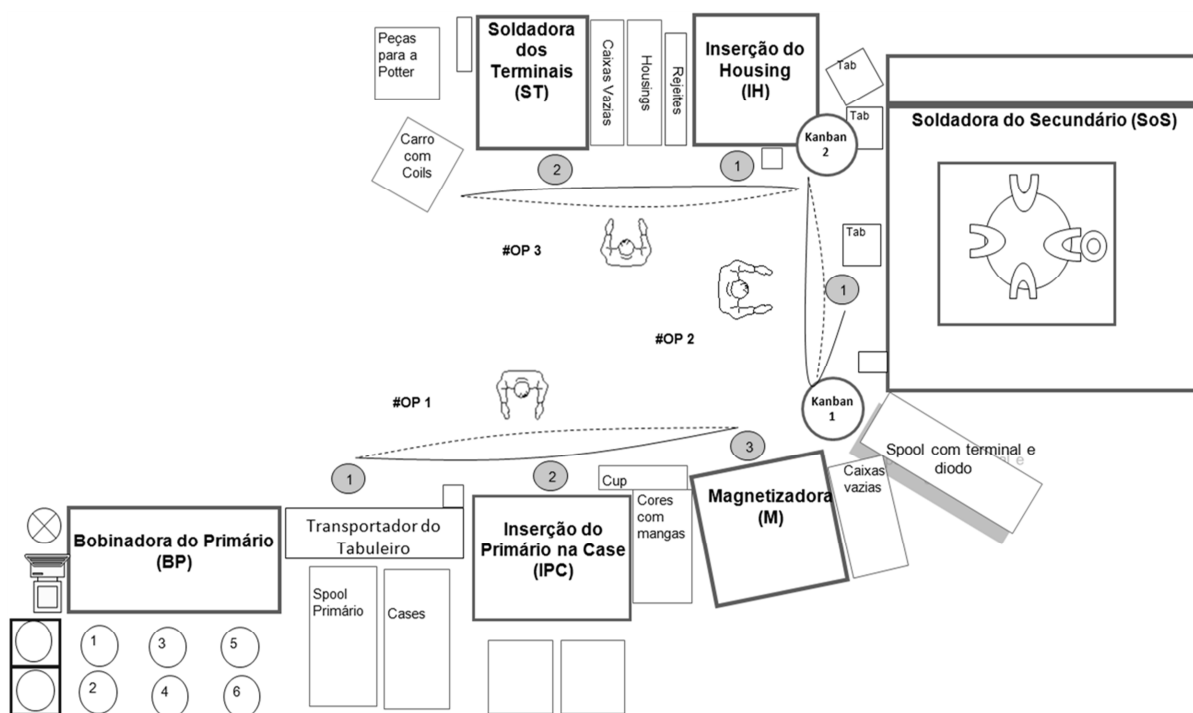


Figura 4.18 - Diagrama *Spaghetti* da disposição estudada para melhoria da função Balancear Célula

Como se pode verificar na Figura 4.18, o posicionamento de algumas máquinas e materiais difere daquele que está exposto na Figura 4.4 (ver secção 4.4). A Magnetizadora (M) é deslocada para o lado oposto da célula, entre a Inserção do Primário na Case (IPC) e a Soldadora do Secundário (SoS), e são removidos ambos os transportadores de matérias-primas.

O espaço total necessário ao funcionamento da *Assembly Cell* reduzir-se-ia, sendo no entanto necessário ocupar uma extensão maior no lado em que se encontra a Bobinadora do Primário (BP). Este espaço encontra-se disponível na instalação em questão, não existindo por isso necessidade de alterações de maior ordem na disposição da fábrica.

As precedências de matérias e operações na célula em foco mantêm-se como exposto na Figura 4.5 (secção 4.4). Os procedimentos dos operadores são alterados nesta proposta de balanceamento e devem corresponder ao procedimento da Figura 4.19.

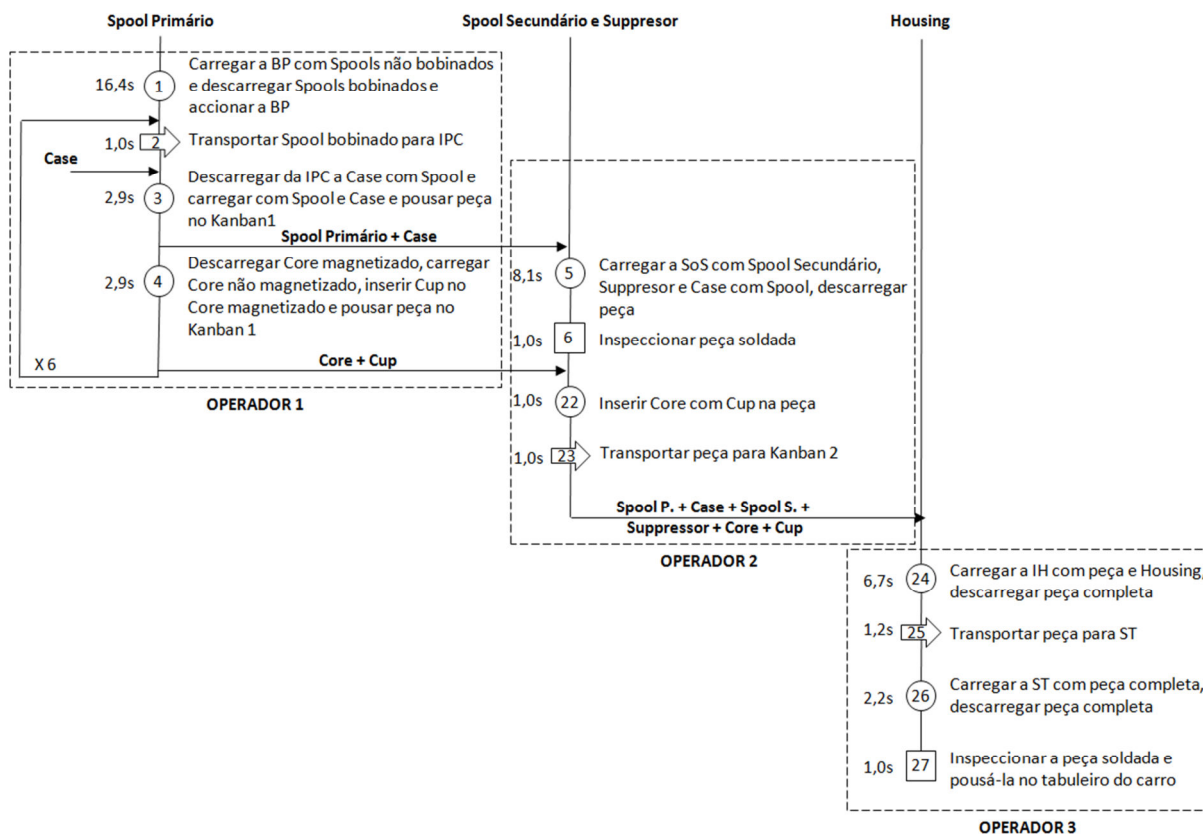


Figura 4.19 - Diagrama de análise de operações da melhoria estudada

Como pode ser constatado por este diagrama de análise de operações, a maior alteração para o procedimento anterior consiste na operação de descarregamento e carregamento total da Bobinadora do Primário (BP), pelo primeiro operador, logo ao início do ciclo. Esta nova actividade, que se nomeou actividade 34, foi cronometrada na *Assembly Cell* e o procedimento para a obtenção do valor da sua duração foi o que seguidamente se expõe.

Para cronometrar a actividade 34 pediu-se ao operador 1 que realizasse o descarregamento e carregamento completo do tabuleiro da Bobinadora do Primário (BP) antes de se deslocar para a Inserção do Primário na *Case* (IPC). Os carregamentos deviam ser feitos com uma peça em cada mão e o mesmo seria efectuado nos descarregamentos. As peças descarregadas seriam pousadas no transportador do tabuleiro enquanto esperavam para ser trabalhadas.

Antes de iniciar a recolha da amostra esperaram-se alguns ciclos de modo a que o operador se habituasse à nova operação. Em seguida recolheu-se uma amostra com dimensão igual 10, à qual tinham já sido retiradas observações consideradas aberrantes (tempos com valor superior ou inferior à média em 30%) e calculou-se o TN da actividade. O erro relativo pretendido foi de 5%.

Os dados utilizados e os valores obtidos no cálculo do TN da actividade 34 constam no Quadro 4.21.

Quadro 4.21 - Dados da cronometragem da actividade 34

Corte Inicial	Pegar Spool Primário não bobinado
Corte Final	Começar a andar
Medições (Seg.)	
1	15,5
2	16,9
3	16,7
4	17,3
5	16,5
6	17,6
7	16,8
8	15,3
9	15,2
10	15,9
TMO	16,37
DP	0,85
$t_{0,05;9}$	2,26
S	0,61
s	3,70

Inicialmente calcularam-se o Tempo Médio Observado (TMO) e o Desvio Padrão (DP) da amostra. Recorreu-se a uma tabela da distribuição t de *Student* bicaudal por se considerar que a amostra segue uma distribuição normal e por esta ter uma dimensão menor que 30 observações. O nível de confiança pretendido foi de 5%, com 9 graus de liberdade ($n-1$). Em seguida foi calculado o erro absoluto (S) da amostra, através da equação 15.

$$S = \frac{t_{0,05;9} \times DP}{\sqrt{n}} \quad (15)$$

Com este valor foi possível calcular o erro relativo (s) da amostra, através da equação 16.

$$s = (S/TMO) \times 100 \quad (16)$$

O erro relativo calculado tem um valor inferior a 5%, tendo sido por isso considerado que o TN da actividade 34 corresponde a 16,4 segundos com variação de mais ou menos 0,6 segundos (com um nível de confiança de 5%).

A alteração mencionada, além de obviamente pretender reduzir o TP do primeiro operador e a diferença entre os vários TP, tem como objectivo reduzir as deslocações que cruzam a célula e diminuir os inventários intermédios dentro da mesma. As deslocações diminuem pois o primeiro operador não necessita de cruzar a célula para trabalhar com a Magnetizadora (M) e o segundo operador não se move para fora do seu posto para transportar a peça. Os inventários intermédios são reduzidos pois é criado um fluxo de uma só peça e não de tabuleiros com 6 peças. Para caracterizar as actividades do primeiro operador voltou a recorrer-se a um diagrama Homem-Máquina, como expõe a Figura 4.20.

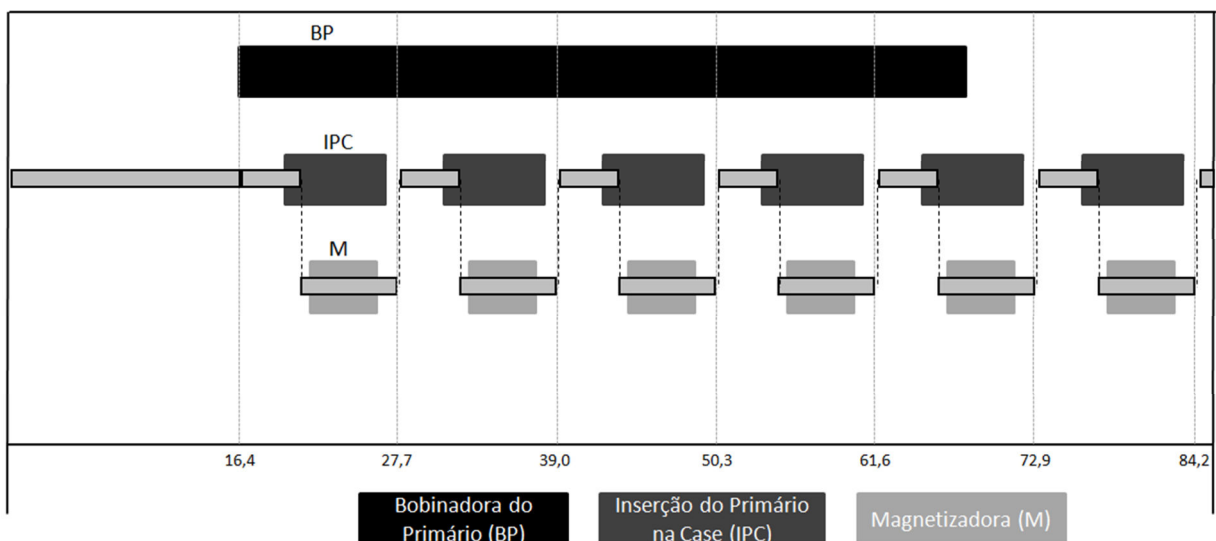


Figura 4.20 - Diagrama Homem-Máquina alternativo do primeiro operador

Este operador inicia o seu ciclo descarregando e carregando totalmente a Bobinadora do Primário (actividade que não ocorre no estado actual da célula estudada), movimenta-se depois para a Inserção do Primário na *Case* (IPC) com um *Spool* bobinado onde este é inserido numa *Case* e posteriormente trabalha na Magnetizadora (M) um *Core* e um *Cup*.

O TN de realização de um ciclo do primeiro operador passa então a ser de 84,2 segundos, ou 14,0 segundos por peça se considerarmos que, como anteriormente, num ciclo este operador trabalha seis peças.

As actividades que o operador realiza na Inserção do Primário na *Case* (IPC) e Magnetizadora (M) são descritos, em maior pormenor, no diagrama da Figura 4.21.

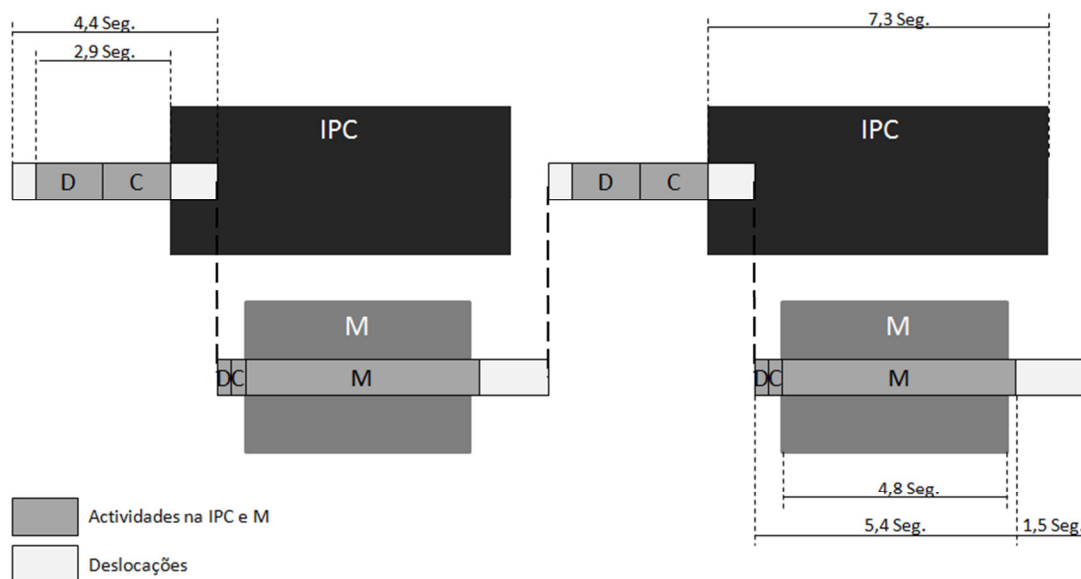


Figura 4.21 - Diagrama Homem-Máquina parcial alternativo do primeiro operador

Em consonância com o balanceamento anterior, o operador começa por descarregar e carregar a Inserção do Primário na *Case* (IPC) com um tempo de 2,9 segundos. É necessário ter também em consideração as deslocações do tabuleiro da Bobinadora do Primário (BP) para a Inserção do Primário na *Case* (IPC) e desta para a Magnetizadora (M), com um tempo total atribuído de 1,5 segundos. O manuseamento na Magnetizadora (M) é em tudo semelhante ao descrito na Figura 4.11 e efectuado actualmente na *Assembly Cell*, exceptuando o deslocamento no fim destas operações para o tabuleiro da Bobinadora do Primário (BP), com um tempo de 1,5 segundos, como na soma dos dois deslocamentos anteriores.

Como a Figura 4.22 expõe, o segundo operador efectua precisamente as mesmas actividades que no balanceamento anterior, com as excepções de recorrer ao *Kanban 1* para alcançar o *Core* magnetizado e das suas deslocações serem de menor extensão.

Como descrito anteriormente, este operador começa por descarregar e carregar a Soldadora do Secundário (SoS), em seguida inspecciona a peça trabalhada e adiciona-lhe um *Core* magnetizado. Estas actividades consomem um total de 10,1 segundos. Em seguida desloca-se até ao *Kanban 2* onde coloca a peça e volta ao seu local inicial.

A duração do TN deste operador, nesta proposta de balanceamento, é de 12,4 segundos por peça.

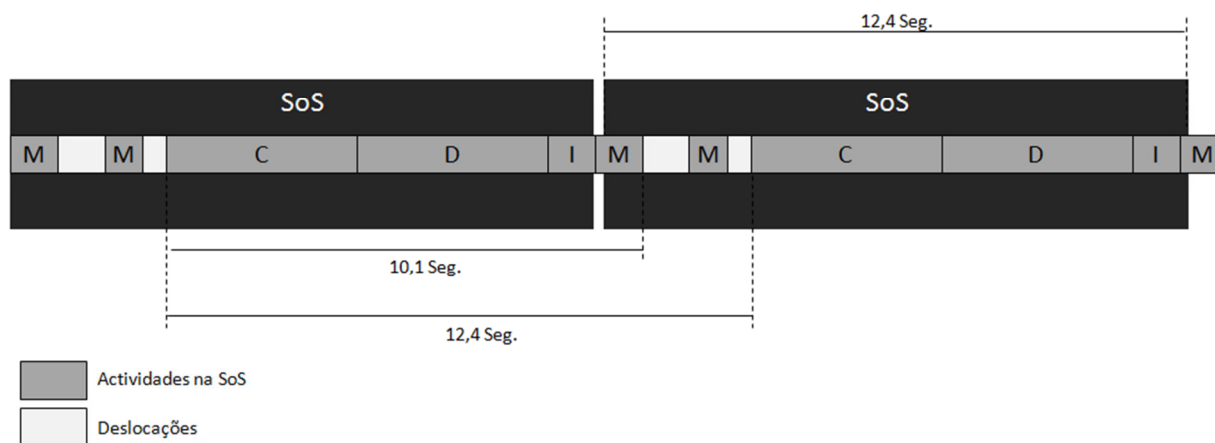


Figura 4.22 - Diagrama Homem-Máquina alternativo do segundo operador

Finalmente, o terceiro operador da célula, realiza precisamente as mesmas actividades que se encontram descritas na Figura 4.13 e, como tal, permanece com um TN de 12,3 segundos por peça.

Aglomerando os dados anteriores e considerando as equações 12 e 13, calcularam-se os novos TP dos operadores da *Assembly Cell*, presentes no Quadro 4.22.

Quadro 4.22 - Tempo padrão e ocupação alternativos dos operadores

Operador	Actual		Estudado	
	TP (seg.)	Ocupação (%)	TP (seg.)	Ocupação (%)
1	17,6	100,0	15,2	100,0
2	14,7	83,5	14,0	92,1
3	12,9	73,3	13,3	87,5

A percentagem de complementos sofreu ligeiras alterações devido aos novos procedimentos que os operadores efectuam. Em concreto, o segundo operador não necessitaria de trocar os tabuleiros de ambos os transportadores (actividades 26 e 27 no Anexo II), visto que estes seriam removidos da célula de produção. Consta-se então que, com esta proposta de melhoria, é expectável que o primeiro operador permaneça como restrição da célula, diminuindo no entanto significativamente o seu TP. Em relação aos restantes operadores, a sua ocupação seria consideravelmente aumentada, na ordem dos dez e quinze por cento para o segundo e terceiro operadores, respectivamente.

Para a atribuição de tempos de paragens não programadas aos TP dos operadores, considerou-se que as alterações propostas não teriam impacto significativo nas respectivas pausas e como tal, atribui-se de novo um tempo de paragens não programadas de 249,3 minutos por turno (tempo de paragem de todos os operadores). Subtraindo este valor ao total de tempo de

abertura do turno e dividindo-o pelo TP do primeiro operador, calculou-se a produção média esperada no turno, que seria de 1511 peças.

Pôde então aglomerar-se os dados dos TP, tempos por falta de balanceamento e de paragens não programadas, por peça. Tais dados encontram-se na Figura 4.23.

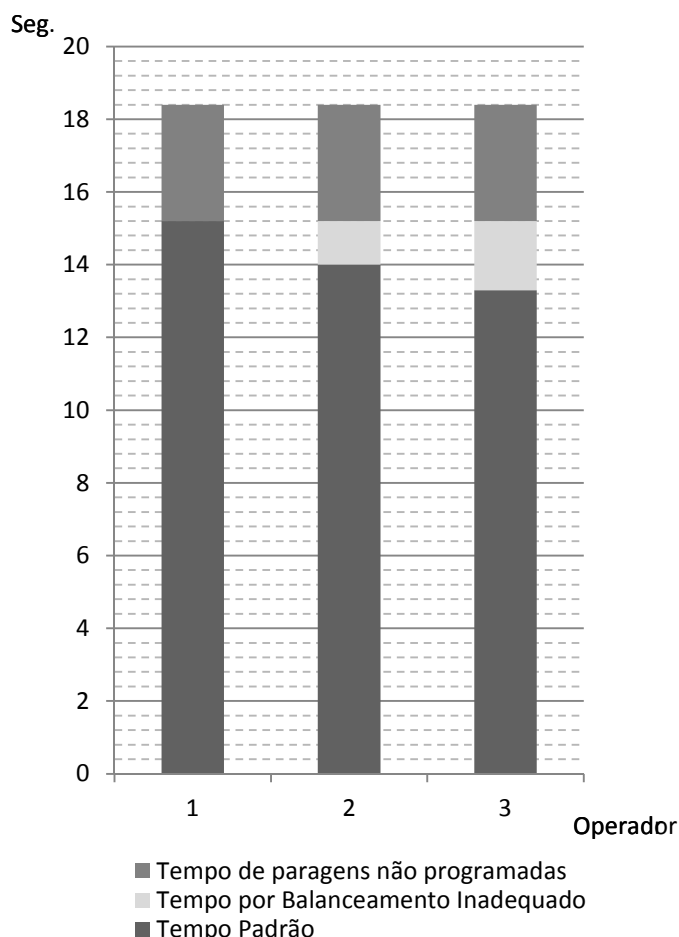


Figura 4.23 - Tempo padrão, tempo por balanceamento inadequado e tempo de paragens não programadas alternativos

O tempo real médio de produção dos operadores seria então de 18,4 segundos por peça, contabilizados já os desperdícios por paragens não programadas (3,2 segundos por peça para cada operador) e por falta de balanceamento.

Para calcular o novo custo das funções, voltou-se a distribuir as actividades pelas funções do diagrama FAST. O Quadro 4.23 expõe esta imputação.

A actividade 34 corresponde ao carregamento e descarregamento completo da Bobinadora do Primário, cujo tempo de realização foi cronometrado e o procedimento para tal cronometragem foi já analisado. A actividade 36 corresponde ao tempo de carregamento e descarregamento na Inserção do Primário na *Case*, ou seja, o tempo manual desta máquina que se encontra exposto no Anexo II. Esta actividade faria parte do tempo total da actividade

1 que se realiza actualmente na célula de montagem em estudo e está também presente no Anexo II, bem como no Quadro 4.7 (secção 4.8).

Quadro 4.23 Actividades versus Funções alternativo, análise ao “Muda Funcional” e “Muda I”

		Muda Funcional								Muda I
		FRP		FRO					FRCE	
		Montar Componentes	Preparar Materiais	Diminuir Defeitos	Diminuir Paragens (equipamento)	Diminuir Paragens (m.p.)	Diminuir Paragens (HSO)	Balancear Célula	Fornecer Peças Sem Defeitos	
Actividades OP1 (min/turno)	34		68,8							
	35									12,6
	36		73,0							
	37									25,2
	5	136,0								
	38									37,8
	7			3,1					3,1	
	8			1,1					1,1	
	9			0,9					0,9	
	10.1					1,9				
	10.2			1,3					1,3	
	11.1					3,6				
	11.2			2,8					2,8	
	12					13,2				
	13					0,2				
	14					1,5				
Actividades OP2 (min/turno)	15.1		204,0							
	15.2			25,2					25,2	
	15.3	25,2								
	39									25,2
	17		20,1							
	40									12,6
	19			12,1					12,1	
	20					9,2				
	21						14,6			
	22					7,6				
	24					0,5				
	25			1,1					1,1	
Actividades OP3 (min/turno)	26		168,7							
	27									30,2
	28.1		55,4							
	28.2			25,2					25,2	
	29									30,2
	30			2,2					2,2	
	31.1					3,2				
	31.2			1,3					1,3	
	32				1,2					
	33					18,2				
Total (min/turno)		161,2	590,1	76,3	1,2	59,0	14,6	0,0	76,3	173,8

As restantes actividades, 35 e 37 a 40, que não estavam presentes no quadro de imputação de actividades a funções anterior (Quadro 4.7), representam movimentações em curtos espaços cujos tempos foram atribuídos tendo em consideração o tempo de outras movimentações semelhantes.

Da leitura do quadro anterior podem, de novo, ser retirados os valores percentuais de recursos investidos directamente no turno, como exposto no Quadro 4.24.

Quadro 4.24 - Recursos investidos directamente e percentagens do total disponível na proposta de melhoria

	Função	Recursos investidos directamente por turno (min.)		Recursos investidos directamente por turno (%)	
		Actual	Estudado	Actual	Estudado
FRP	Montar Componentes	139,9	161,2	10,0%	11,6%
	Preparar Materiais	618,1	590,1	44,3%	43,7%
FRO	Diminuir Defeitos	68,9	76,3	4,9%	5,7%
	Diminuir Paragens (equipamento)	1,2	1,2	0,1%	0,1%
	Diminuir Paragens (M.P.)	66,4	59,0	4,8%	4,4%
	Diminuir Paragens (HSO)	14,6	14,6	1,0%	1,1%
	Balancear Célula	0,0	0,0	0,0%	0,0%
FRCE	Fornecer Peças Sem Defeitos	68,9	76,3	4,9%	5,7%
	Muda I	115,9	173,8	8,3%	12,9%

Os valores aqui explanados variam pouco significativamente quando comparados com a análise semelhante anterior. O tempo das actividades criadoras de valor, aquelas que contribuem para a realização das FRP, varia de acordo com a proporcionalidade das peças produzidas e com o teor das actividades realizadas, o que resulta numa pequena alteração nos valores percentuais. Também no que concerne as FRO e FRCE, a variação percentual é bastante diminuta. Pode notar-se um aumento na percentagem de *Muda I*, facto que está relacionado com o maior número de movimentações que o primeiro operador realiza e com o maior detalhe que foi aplicado na descrição e não atribuição destas pequenas deslocações às funções do sub-processo.

Recorrendo ao raciocínio anteriormente seguido para calcular o investimento total de recursos associados a cada uma das funções, acumularam-se os dados do Quadro 4.25.

O cálculo do investimento por falta de cumprimento do objectivo da função “Balancear Célula” foi efectuado, de novo, através da multiplicação das diferenças entre os TP dos operadores pelo número de peças produzidas num turno.

Às funções relacionadas com paragens devido a falta de matérias-primas e falhas nos equipamentos, foram imputados os tempos de paragem do mesmo modo que na situação

actual da *Assembly Cell*. O tempo total de paragens foi dividido em períodos não produtivos relacionados com cada uma destas funções, períodos estes que lhes foram atribuídos.

Quadro 4.25 - Investimento alternativo total de recursos por função

Função	Investimento directo de recursos no turno (min/turno)	Investimento por falta de cumprimento do objectivo da função (min/turno)	Investimento total (min/turno)
Balancear Célula	0,0	78,1	78,1
Diminuir Paragens (mp)	59,0	60,1	119,1
Diminuir Defeitos	76,3	39,0	115,3
Diminuir Paragens (equipamento)	1,2	186,7	187,9
Diminuir Paragens (HSO)	14,6	0,0	14,6
Fornecer Peças Sem Defeitos	76,3	0,0	76,3

Por esta melhoria não ter impacto directo no número de peças defeituosas trabalhadas na célula, considerou-se a mesma percentagem de peças reprocessadas que na situação actual para o cálculo dos recursos investidos na função “Diminuir Defeitos”, variando apenas a produção por turno.

Paralelamente, considerou-se nulo o impacto desta alteração no número de peças defeituosas que o cliente externo recebe e nos tempos de paragem por incidentes relacionados com HSO. Como tal, o montante de recursos por não cumprimento dos objectivos das funções “Fornecer Peças Sem Defeitos” e “Diminuir Paragens (HSO)” permanece igual a zero.

Encontrando-se calculados os investimentos totais de cada função, ou custos das funções, foi possível voltar a recorrer à equação 10 (ver secção 3.2.5) para a calcular o seu IPCV para que, num momento posterior, o processo de melhoria contínua pudesse prosseguir. O Quadro 4.26 resume os valores obtidos.

Quadro 4.26 - Cálculo do IPCV alternativo de cada função e comparação com estado actual

Função	Actual	Estudado		
	IPCV	Investimento Total	Peso Absoluto	IPCV
Balancear Célula	665	78,1	4	312
Diminuir Paragens (M.P.)	127	119,1	1	119
Diminuir Defeitos	216	115,3	2	231
Diminuir Paragens (equipamento)	752	187,9	4	752
Diminuir Paragens (HSO)	219	14,6	15	219
Fornecer Peças Sem Defeitos	551	76,3	8	610

Realça-se, de novo, o elevado IPCV da função relacionada com paragens por falhas de equipamentos. Este valor permanece, como seria espectável, o mais elevado dos IPCV pois não foram propostas melhorias consigo relacionadas. Em acções futuras, esta função deveria ser alvo de melhoria.

O indicador da função que se propôs melhorar obteve uma redução para cerca de metade, como seria também espectável visto que a melhoria pretende, principalmente, diminuir a diferença entre os TP dos operadores.

Finalmente, após a implementação da melhoria proposta, para medir o seu sucesso na *Assembly Cell*, calcular-se-ia de novo o valor fornecido. Para tal, voltaria a recorrer-se à matriz do perfil da qualidade, como exposto no Quadro 4.27.

Quadro 4.27 - Matriz de perfil de qualidade e valor fornecido alternativos

	Funções						
	A	B	C	D	E	F	G
	Cumprir Objectivo de Produção	Balancear Célula	Diminuir Paragens (mp)	Diminuir Defeitos	Diminuir Paragens (equipamento)	Diminuir Paragens (HSO)	Fornecer Peças Sem Defeitos
Coef. Ponderação (Φ)	19,0	9,5	2,4	4,8	9,5	35,7	19,0
Mínimo Aceitável (Sma)	6,6	4	4	4	4	9	9
Processo Existente (Spex)	8,4	7,2	5	8	4	10	10

$\Sigma(\Phi \times S)$	Custo (horas)	Valor
864,3	23,35	37,01

A satisfação actual da FRU, Cumprir Objectivo de Produção, após a implementação da melhoria proposta, passaria, de 7,3 para 8,4 visto que a produção aumentaria cerca de duzentas peças por turno. Tal aumento representa uma melhoria na satisfação da função de quinze por cento. O valor total fornecido na *Assembly Cell* aumentaria em mais de dois pontos passando a corresponder a 37 unidades, o que representa um aumento de cerca de seis por cento.

Como seria expectável, também a satisfação da função “Balancear Célula” aumentaria, neste caso de 4 para 7,2, o que representaria uma melhoria de oitenta pontos percentuais no nível de satisfação desta função. Este aumento foi calculado considerando que se todos os TP dos operadores fossem iguais, o valor da satisfação seria de 10 pontos.

Nenhuma das outras funções seria afectada directamente, logo os seus valores de Spex permaneceriam constantes após as acções de melhoria discutidas.

Esta melhoria, embora claramente benéfica, não se mostraria suficiente para atingir o objectivo da FRU da *Assembly Cell*, produzir 1791 peças por turno. Este facto, associada à noção da PL de que existem sempre possibilidades de melhoria, tornaria essencial que a AFL aqui desenvolvida voltasse a ser implementada desde a primeira análise geral ao processo com recurso ao VSM.

4.11 – Síntese Geral e Principais Resultados Obtidos

A implementação do estudo de caso, na *Delphi Automotive Systems Portugal*, ocorreu com grande abertura por parte da organização e com todo o apoio necessário. Apesar disso, a implementação da melhoria estudada não foi totalmente executada. Este facto justifica-se pela necessidade, por parte da organização, de seguir linhas superiores de orientação que pretendiam alterações gerais nos processos da fábrica e, conseqüentemente, pelo facto de a implementação das melhorias propostas necessitar sempre de um período de espera que impossibilitaria o término deste estudo em tempo útil.

Apesar desta realidade, deve salientar-se que as etapas essenciais do método desenvolvido foram testadas. Aquilo em que se pensa que consiste o contributo desta dissertação, ou seja, a integração dos conceitos e ferramentas da GV no âmbito e em benefício da PL com especial enfoque na importação da definição de valor da GV, foi, de facto, inteiramente implementado e a abertura por parte da organização foi total. Como tal, podem salientar-se as seguintes conclusões.

O método que aqui se discute pretendeu, numa análise inicial, a eliminação de desperdício de grande escala através do uso da ferramenta VSM. No estudo de caso em questão, a organização assumiu que não existia necessidade de realização desta análise, pois considera que o processo geral da fábrica já se encontra bastante estudado e aperfeiçoado. Não obstante, na Figura 4.3 foi exposta e analisada a cadeia de valor do produto em foco e obteve-se uma maior percepção de todos os sub-processos existentes na referida cadeia de valor, bem como da relação entre estes.

Em seguida, procedeu-se ao início do estudo dos sub-processos. Também aqui o método proposto pretende que todos os elementos da cadeia de valor sejam escrutinados mas, por óbvias restrições relativas à duração do estudo, optou-se por analisar apenas a *Assembly Cell*, célula de montagem crucial em todo o processo do *Prince Ignition Coil*. Como referido, esta

escolha deveu-se à maior complexidade da célula quando comparada com outros sub-processos, por existir necessidade de melhoria neste patamar da cadeia de valor e por serem aplicados vários conceitos da PL, como a tentativa de fluxo sem inventário ou a disposição da célula em “U”.

Procedeu-se então ao estudo do estado actual da célula de montagem. Recorrendo a variados diagramas (Figura 4.4 a Figura 4.13) identificaram-se a disposição espacial da célula, as precedências de matérias-primas e os procedimentos seguidos pelos três operadores presentes. Finalmente, analisando os tempos normais dos operadores, os complementos de actividades e o tempo de funcionamento ou abertura da célula, ficou expresso o tempo médio real de processamento de uma peça nesta célula, cerca de 21 segundos por peça.

Em seguida, deu-se início ao estudo funcional da célula de montagem. Primeiramente foram identificados os seus clientes interno e externo, bem como as suas necessidades, e também os principais geradores de custos no seu funcionamento. Como cliente interno definiu-se o sub-processo seguinte na cadeia de valor do produto em foco e, como cliente externo, ficou identificado o cliente da *Delphi Automotive Systems* Portugal para este produto, um proeminente fabricante mundial da indústria automóvel. As necessidades dos clientes externo e interno foram fixadas, respectivamente, pelo fornecimento das funções “Fornecer Subconjuntos” e “Cumprir Objectivo de Produção”. Identificou-se também a necessidade, por parte do cliente externo, de receber peças em boas condições, o que ficou expresso através da função “Fornecer Peças Sem Defeitos”. Os principais geradores de custos, neste sub-processo, foram realçados através de funções relacionadas com o balanceamento dos tempos dos operadores, com o número de peças defeituosas que necessitem de ser reprocessadas e com o tempo de paragens relacionadas com segurança e higiene, falta de matérias-primas ou falhas dos equipamentos. Esta etapa foi cumprida com recurso a um diagrama FAST (Figura 4.14), que se pensa ter permitido realizar um diagnóstico bastante realista do panorama actual da *Assembly Cell*.

Posteriormente definiram-se os objectivos que cada parte interessada mantém para esta etapa da cadeia de valor (Quadro 4.5), e foram também ponderadas as importâncias de cada função (Figura 4.15), concluindo-se que a organização valoriza grandemente a segurança e higiene no local de trabalho, a qualidade com que fornece os seus clientes e, em terceiro lugar, o cumprimento dos objectivos de produção.

Foi depois analisada a execução dos objectivos do cliente interno e cliente externo para a célula. Concluiu-se que esta não corresponde aos objectivos de produção do cliente interno no

seu horário habitual, podendo no entanto mostrar-se capaz de o fazer através da utilização de recursos extraordinários, produzindo por isso a quantidade exigida pelo cliente externo. Neste ponto, o método desenvolvido contempla duas situações distintas, uma das quais propõe o re-desenvolvimento total do sub-processo e outra sugere a continuação do estudo para que se tente melhorar o seu desempenho na situação actual. Exactamente por a *Assembly Cell* se mostrar capaz de corresponder aos objectivos do cliente externo e também pelo facto de o sub-processo se encontrar a realizar as acções pretendidas (embora em quantidade inferior ao desejável), a opção da organização que acolheu este estudo recaiu sobre a segunda possibilidade.

Em seguida pretendeu-se que a gestão da organização realizasse uma análise ao *Muda II* existente na célula. Para este efeito utilizou-se uma tabela de construção simples que permitiu que cada actividade realizada pelos colaboradores presentes fosse atribuída a uma das funções que a célula deve satisfazer (Quadro 4.6). Desta etapa não resultou a eliminação de nenhuma actividade pois a organização considerou que não existia possibilidade para tal, sem afectar o normal funcionamento da célula ou dos níveis de segurança e qualidade que são justificadamente praticados. De facto, assistindo ao funcionamento da *Assembly Cell*, é claramente visível que nada do que é realizado pelos operadores presentes é feito sem ponderação e análise por parte da gestão da instalação.

O estágio seguinte da implementação do método prevê que as actividades sejam de novo distribuídas, agora por todas as funções do sub-processo. Ao realizar esta imputação (exposta no Quadro 4.10), denotou-se que existe uma percentagem considerável de actividades criadoras de valor, mas também que se encontra presente um elevado montante de actividades consideradas, segundo as premissas da PL, como desperdício. Aqui optou-se por diferenciar o desperdício associado ao cumprimento das funções que não estão directamente relacionadas com o cliente interno e o restante desperdício. Notou-se também a necessidade de incluir paragens de produção, não programadas, na primeira destas categorias de desperdício. Concluiu-se que cerca de cinquenta e cinco por cento de todas as actividades realizadas na célula estão de encontro com a definição de actividades criadoras de valor da GV, enquanto que as restantes não o efectuam.

Utilizando os dados da análise anterior, e seguindo as etapas previstas do método desenvolvido, procedeu-se ao cálculo do custo, ou investimento de recursos de cada função. Pretendeu-se que pudessem ser identificadas as áreas de maior potencial para a criação de valor. Para que o total dos recursos investidos fosse aferido, somou-se ao montante de

recursos incorridos directamente no turno em cada função, a quantidade de tempo despendido por não serem atingidos os seus respectivos objectivos (Quadro 4.12 a Quadro 4.18). Por fim, para que este valor espelhasse a ponderação que a organização atribui a cada função, recorreu-se à equação 10 (ver secção 3.2.5) para calcular o seu IPCV, ou seja, os totais de recursos investidos foram multiplicados pelos pesos absolutos da ponderação anteriormente efectuada. Pensa-se que o montante resultante destas operações matemáticas representa um indicador fidedigno para a avaliação das potencialidades de criação de valor de cada função, como proposto no método em estudo.

Constatou-se, nesta etapa, que existem principalmente duas funções que têm um elevado IPCV e carecem de melhorias, a função “Balancear Célula” e a função “Diminuir Paragens (equipamento)”. Concluiu-se então que as rectificações que devem ser efectuadas para aumentar o valor na célula devem, inicialmente, estar relacionadas com uma destas duas funções.

Para realizar uma avaliação das alterações que se possam efectuar, em termos da criação de valor, procedeu-se ao cálculo do montante exacto de valor que a célula fornece. Para isto recorreu-se à equação 11 (ver secção 3.2.6) e a uma matriz do perfil da qualidade (Quadro 4.20). Notou-se que o valor actualmente fornecido tem o montante de cerca de trinta e cinco unidades (valor que por si só não tem expressão mas que deve ser utilizado para comparação com o aumento obtido após as melhorias implementadas) e que a satisfação da função relacionada com o cumprimento do objectivo de produção, a função mais relevante do sub-processo, se encontra pouco acima das sete unidades, numa escala de zero a dez e com um mínimo aceitável de cerca de 6,6 unidades. A satisfação das funções com maior potencial para criar valor foi identificada como estando situada no limite mínimo aceitável, tanto para a função relacionada com o balanceamento, como para a função relacionada com as falhas de equipamentos.

De modo a concluir um ciclo deste método, que prevê que a melhoria dos sub-processos não cesse, foi estudada uma melhoria da função relacionada com o balanceamento dos tempos dos operadores. Esta melhoria inclui a alteração da disposição dos materiais presentes na célula, deslocando uma máquina e tornando dispensável o uso de dois transportadores aí presentes. Embora sem poder analisar resultados concretos, simulando o funcionamento da célula, é espectável a melhoria do valor criado, especialmente através de um melhor fornecimento de uma das funções que se identificou como potenciadora de criação de valor (função “Balancear Célula”) e também da função relacionada com cumprimento do objectivo de produção.

No estudo realizado foi possível concluir que o nível de satisfação da função “Balancear Célula” aumentaria oitenta por cento e que, expectavelmente, o nível de satisfação da função “Cumprir Objectivo de Produção” aumentaria cerca de quinze por cento. O incremento da satisfação desta última função deve-se a uma expectável diminuição de três segundos no processamento de cada peça e consequente aumento de duzentas peças produzidas por turno. Finalmente, o valor total fornecido sofreria também um aumento de cerca de seis pontos percentuais. Estas melhorias seriam atingidas visto que, expectavelmente, a percentagem de ocupação do segundo e terceiro operadores aumentaria cerca de dez e quinze por cento, respectivamente, sendo a ocupação dos operadores calculada como a percentagem do Tempo Padrão do operador com maior Tempo Padrão (Quadro 4.22).

Foi também possível concluir que, após a implementação sugerida, o IPCV da função “Balancear Célula” diminuiria para cerca de metade e a urgência de actuação na célula se manteria na função relacionada com as paragens devido a falhas no equipamento, cujo IPCV se manteria inalterado após as melhorias estudadas.

Tendo em consideração as condições e conclusões do estudo de caso acima referidas, pode sugerir-se que a gestão da organização se foque na melhoria do nível de satisfação das duas funções com maior potencial de criação de valor, ou seja, melhorar o balanceamento dos tempos dos operadores e implementar medidas que diminuam as paragens de produção devido a falhas nos equipamentos.

5. Principais Conclusões do Estudo e Recomendações Futuras

5.1 – Principais Conclusões do Estudo

Este estudo pretendeu explorar a integração de conceitos e ferramentas da Gestão pelo Valor (GV) em sistemas *Lean*, com especial enfoque numa importação da definição de valor, proveniente da GV, para o âmbito da Produção *Lean* (PL).

Considerando que o objectivo da PL consiste na criação de valor através da eliminação do desperdício, considerando também que o desenvolvimento desta abordagem deve ser efectuado através da sua evolução interna ou através da utilização de conceitos e ferramentas que não se oponham a este objectivo e, considerando finalmente, que a definição de valor da GV se encontra de acordo com o referido objectivo da PL, conclui-se que a importação da definição de valor da GV se mostra benéfica para a PL.

As melhorias directas atingidas, pela utilização desta definição no âmbito da PL, consistem numa maior capacidade de definir os objectivos do consumidor relativamente a um produto, serviço ou processo, bem como num aumento da possibilidade de comparação entre soluções distintas tendo como base de comparação o valor fornecido e, finalmente mas não com menos relevância, uma maior facilidade em realçar o desperdício, definido em PL como actividades que não criam valor para o cliente.

Como impacto indirecto desta importação, uma vez que a noção de valor está presente em todos os elementos da GV e que alguns destes foram utilizados no método de implementação proposto, surgem o aumento da esfera de aplicabilidade da abordagem *Lean* para a área do desenvolvimento de produtos e serviços, e também um expectável aumento da capacidade de inovação das suas soluções. Este último aspecto, embora não possa ser considerado como uma característica da GV que se possa transportar directamente para a abordagem *Lean* por se tratar de um elemento qualitativo ou abstracto, é vastamente atribuído, em literatura, ao uso da Análise Funcional e, como tal, conclui-se que ao ser utilizada esta análise das funções em sistemas *Lean*, é expectável que o nível de inovação seja também aqui elevado.

O método proposto, designado como Análise Funcional *Lean* (AFL), permite a integração referida e, expectavelmente, possibilita que sejam atingidas as melhorias acima descritas. A

AFL tem aplicação em duas áreas com objectivos distintos, a melhoria de processos existentes e a criação de novos produtos, serviços ou processos.

A primeira destas áreas baseia-se no quinto princípio do pensamento *Lean*, que perspectiva a melhoria continuada de processos, e consiste numa metodologia onde a definição de valor da GV tem grande ponderação, permitindo a utilização integrada da ferramenta Mapeamento da Cadeia do Valor, em inglês *Value Stream Mapping* (VSM), e da Análise Funcional, esta última com recurso à Técnica Sistemática de Análise Funcional, em inglês *Functional Analysis System Technique* (FAST). Desta área de aplicação da AFL é possível conferir se o sub-processo (etapa do processo geral identificada no VSM onde se pretende atingir melhorias) corresponde às exigências do consumidor, eliminar actividades que não criam valor e cuja remoção não tem impactos negativos no seu desempenho, aferir em que função do sub-processo uma melhoria potenciará maior criação de valor e também comparar soluções propostas tendo por base o valor que fornecem. A avaliação do potencial para criar valor de cada função do sub-processo, é efectuada através de um indicador que se optou por designar Indicador de Potencial de Criação de Valor (IPCV), que considera o custo directo e indirecto de cada função e a sua ponderação em termos de hierarquia de importância das funções.

A segunda área de aplicação da AFL consiste na utilização do método para desenvolvimento de produtos, serviços e processos da abordagem do valor, a Análise do Valor. Desta área é expectável desenvolvimento de produtos, serviços e processos onde o foco é totalmente apontado ao consumidor e onde a inovação e a criatividade são promovidas.

Optou-se por testar o método desenvolvido através de um estudo de caso que permitiu confirmar a possibilidade de aplicação da Análise Funcional e, principalmente, da AFL em processos, contrariamente à aplicação tradicional da Análise Funcional que se foca na criação de novos produtos, serviços ou processos. O teste realizado permitiu também concluir que é fornecido um meio de identificar as necessidades do cliente, de realçar actividades que não criam valor e de identificar as áreas que têm maior potencial para o criar

O estudo de caso efectuado consistiu na implementação da AFL num processo produtivo da *Delphi Automotive Systems Portugal* e, mais aprofundadamente, numa célula de montagem aí presente. A implementação do método proposto permitiu a obtenção dos seguintes resultados e conclusões:

- O estudo das funções da célula de montagem concluiu, através do IPCV, que o potencial para criar valor e a urgência de melhorias era elevado em duas áreas específicas: as

paragens de produção devido a falhas nos equipamentos, expressa através da função “Diminuir Paragens (equipamento) ” e o balanceamento dos tempos dos três operadores aí presentes, expressa pela função “Balancear Célula”;

- O estudo de uma solução de melhoria, relacionada com a função “Balancear Célula”, permitiu concluir que, expectavelmente e após a sua implementação, a percentagem de ocupação do segundo e terceiro operadores aumentaria cerca de dez e quinze por cento, respectivamente (sendo a ocupação destes operadores calculada como a percentagem do Tempo Padrão do operador com maior tempo);
- A solução estudada permitiria diminuir em quinze pontos percentuais (cerca de três segundos) o tempo de processamento de uma peça e, conseqüentemente, a produção por turno aumentaria também cerca de quinze por cento (cerca de duzentas peças);
- A repetição da análise das funções da célula de montagem, a seguir à implementação do melhoramento estudado, revelou que o IPCV da função em foco, “Balancear Célula”, seria reduzido em cerca de cinquenta por cento e que o IPCV da função “Diminuir Paragens (equipamento) ” se manteria constante, o que aconselharia a que esta função fosse melhorada em seguida;
- Por fim, pela medição dos níveis de satisfação das funções e do valor fornecido na célula antes e depois da implementação do melhoramento, concluiu-se que o nível de satisfação da função “Balancear Célula” e da função “Cumprir Objectivo de Produção” (esta última a função principal para o cliente do sub-processo) aumentaria cerca de oitenta e quinze por cento, respectivamente, enquanto que o total do valor fornecido sofreria também um aumento de cerca de seis por cento;

Finalmente, ainda no que concerne ao teste realizado, deve salientar-se que, apesar da melhoria estudada não ter sido ainda aplicada pela organização, as etapas essenciais da secção da AFL foram inteiramente implementadas com toda a abertura e apoio necessários por parte da organização. O contributo deste estudo, a integração de conceitos e ferramentas da GV no âmbito da PL com especial enfoque na definição de valor proveniente da GV, foi testado no estudo efectuado e permitiu concluir que existe possibilidade de aplicar a AFL em processos de produção de sistemas *Lean*.

Por último salienta-se o facto de a implementação do método não ter englobado a área do desenvolvimento de produtos, serviços e processos com recurso aos preceitos da PL e GV o que, somado a outros factores, sugere que sejam aqui expostas algumas recomendações para estudos futuros que envolvam esta temática.

5.2 – Recomendações Futuras

Em investigação só a repetição de resultados pode representar um argumento suficientemente válido para que uma questão de investigação relativamente complexa seja totalmente aclarada. Como tal, a primeira recomendação que aqui deve ficar expressa prende-se exactamente com a necessidade de ver repetidas implementações semelhantes à efectuada, ainda que em contextos diferentes.

Propõe-se assim a aplicação da AFL no desenvolvimento de produtos, serviços ou processos com recurso ao método da Análise do Valor e conceitos da PL, dos quais poderá ainda resultar um desenvolvimento teórico mais aprofundado e a conclusão do teste ao método proposto.

Em relação à aplicação do método em processos de produção *Lean*, devem também aqui ficar expressas algumas recomendações específicas.

- Em implementações futuras, propõe-se que a análise das funções e actividades do sub-processo seja feita com a contribuição de mais do que um só elemento. A contribuição de um maior número de colaboradores envolvidos no sub-processo tenderá a aumentar a sua compreensão e, conseqüentemente, a probabilidade de realçar desperdício no seu funcionamento. A dinâmica que provém da utilização de grupos de trabalho em acções de GV é uma das características benéficas da abordagem e deve também constar na implementação da AFL;
- Propõe-se também que, na utilização da matriz de ponderação de funções, seja utilizado um número par de níveis de preferência, mais especificamente quatro. Isto para minimizar o efeito de indecisão que leva a que a pessoa, ou conjunto de pessoas, que estão a definir as relações de importância das funções optem recorrentemente pelo nível intermédio de preferência;
- Se, em implementações futuras, ocorrerem casos de funções semelhantes que consumam os mesmos recursos directos (caso das funções “Diminuir Defeitos” e “Fornecer Peças sem Defeitos” no estudo de caso aqui descrito), propõe-se que seja atribuída uma percentagem a cada função (e.g. 50% a cada) de modo a que esses recursos não sejam contabilizados duplamente;
- Propõe-se que o impacto da variação dos níveis de desempenho de uma função que se pretenda melhorar, nas restantes funções de um sub-processo e na quantidade de desperdício (do tipo *Muda I*) aí existente, seja tido em consideração no cálculo do

IPCV. Isto de modo a melhor ponderar em que áreas se devem realizar as tentativas de aumento do valor fornecido;

- Paralelamente propõem-se que, na utilização da matriz do perfil da qualidade, sejam definidos valores de satisfação alvo e não de satisfação mínima aceitável. Deste modo poder-se-á medir o potencial para criar valor através da redução do nível de fornecimento actual, uma vez que o valor é também criado quando se reduzem os recursos alocados em excesso para a satisfação de uma função;
- Por fim, torna-se premente um estudo em todos os sub-processos de uma mesma instalação ou cadeia de valor, para que a sua interligação possa ser explorada e poderem ser tidas em consideração as linhas gerais de gestão da organização através das funções que esta pretende ver fornecidas por todos os sub-processos. Se as Funções Relacionadas com a Organização e as Funções Relacionadas com o Cliente Externo de todas as etapas da cadeia de valor forem semelhantes e representarem, respectivamente, as orientações gerais da organização e os requisitos do consumidor externo, um estudo geral do valor por estas criado poderá ser explorado.

Em relação ao estudo bibliográfico realizado, deve aqui ser referido que este permaneceu restringido pelo facto de só terem sido analisadas obras em Português e Inglês. Esta realidade poderá ter resultado na negligência de obras com interesse para a temática em estudo, nomeadamente em relação a implementações da Análise Funcional em processos produtivos e em relação à utilização da GV em geral. Por tal facto, recomenda-se para estudos futuros um aprofundamento da revisão literária em outros idiomas.

Por fim, apesar de o método desenvolvido se destinar a ser aplicado em sistemas *Lean*, é possível que a aplicação da AFL numa organização que não conduza ainda a sua gestão operacional pelas premissas da PL mas que o pretenda fazer, produza resultados significativos na eliminação de actividades que não criam valor para o cliente.

Referências Bibliográficas

- Alexandre, J. (2002). *Contributo da Gestão pelo Valor e do Design Industrial na Concepção de Produtos*. Mestrado em Gestão e Qualidade dos Materiais, Universidade Nova de Lisboa - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Lisboa.
- Ball, H. A. (2003). *Value Methodology - The Link For Modern Management Improvement Tools*. Paper presented at the SAVE International 2003 Annual Conference, Scottsdale. http://www.value-eng.org/knowledge_bank Retrieved 06/09/10
- Barañamo, A. M. (2004). *Métodos e Técnicas de Investigação em Gestão*. Lisboa: Sílabo.
- Bateman, N. (2000). *Factors Affecting the Sustainability of Process Improvement Activities*. Birmingham: Industry Forum.
- Bolton, J. D. (2005). *Development of FAST Diagrams for Manufacturing Processes*. Paper presented at the SAVE International 2005 Annual Conference, San Diego. http://www.value-eng.org/knowledge_bank Retrieved 08/09/10
- BSI. (1997). BS EN 1325-1 Value management, value analysis,function alanalysis vocabulary *Part1 - Value analysis and functional analysis*. Londres: British Standards Institution.
- BSI. (2000a). BS EN 12973:2000 Value Management. Londres: British Standards Institution.
- BSI. (2000b). PD 6663: Guidelines to BS EN 12973: Value management - Practical guidance to its use and intent. Londres: British Standards Institution.
- Bytheway, C. W. (2005). Genesis of FAST. *Value World*, 28(2), 229-231. http://www.value-eng.org/knowledge_bank Retrieved 14/09/10
- Cariaga, I., El-Diraby, T., & Osman, H. (2007). Integrating value analysis and quality function deployment for evaluating design alternatives. *Journal of Construction Engineering and Management-Asce*, 133(10), 761-770.
- Carlisle, J. A., & Parker, R. C. (1989). *Beyond negotiation : redeeming customer-supplier relationships*. Chichester: Wiley.
- Cell, C. L. (2004). *VE, Lean, and Six Sigma – Opportunities for Leverage*. Paper presented at the SAVE International 2004 Annual Conference, Montreal. http://www.value-eng.org/knowledge_bank Retrieved 10/10/10
- Cell, C. L., & Arratia, B. (2003). *Creating Value with Lean Thinking and Value Engineering*. Paper presented at the SAVE International 2003 Annual Conference, Scottsdale. http://www.value-eng.org/knowledge_bank Retrieved 10/10/10

- Chen, H. Y., & Taylor, R. (2009). *Exploring the Impact of Lean Management on Innovation Capability*. Paper presented at the PICMET 09 - *Technology Management in the Age of Fundamental Change*, Portland. <http://apps.isiknowledge.com> Retrieved 14/10/10
- Christopher, M., & Towill, D. R. (2001). An integrated model for the design of agile supply chains. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 31(4), 235 - 246.
- Ci, T. J., & Li, S. (2008). *Application and Study of Lean Production Theory in the Manufacturing Enterprise*. Paper presented at the International Conference on Information Management, Innovation Management and Industrial Engineering. <http://apps.isiknowledge.com> Retrieved 14/10/10
- Cusumano, M. A. (1994). The limits of lean. *Sloan Management Review*, 35(4), 27 - 35.
- Dallas, M. F. (2006). *Value and Risk Management - A Guide to Best Practice*. Oxford: Blackwell Publishing.
- Davidow, W. H., & Malone, M. S. (1992). *The virtual corporation : structuring and revitalizing the corporation for the 21st century*. New York: Harper Business.
- Dell'Isola, A. J. (1997). *Value Engineering: practical applications for design, construction, maintenance and operations*. Kingston: R. S. Means Co.
- Dell'Isola, A. J. (1982). *Value Engineering in the Construction Industry*. New York: Van Nostrand Reinhold.
- d'Espiney, S. (1998). A Gestão do Valor e a Competitividade. *Boletim da APAV*, 15, 5 - 11.
- Eswaramoorthi, M., Kathiresan, G., Prasad, P., & Mohanram, P. (2011). A survey on lean practices in Indian machine tool industries. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 52(9), 1091-1101.
- Fernandes, A. S. C. (2004). To teach engineering value: an introduction to a special issue. *European Journal of Engineering Education*, 29(3), 315-331.
- Fewings, P. (2005). *Construction project management : an integrated approach*. London: Taylor & Francis.
- Fong, P. S. W. (2004). A critical appraisal of recent advances and future directions in value management. *European Journal of Engineering Education*, 29(3), 377-388.
- Freire, A. (1997). *Estratégia - Sucesso em Portugal*. Lisboa: Verbo.
- Fucini, J. J., & Fucini, S. (1990). *Working for the Japanese : inside Mazda's American auto plant*. New York: Free Press.

- Garrahan, P., & Stewart, P. (1992). *The Nissan enigma : flexibility at work in a local economy*. London: Mansell.
- Gillham, B. (2000). *Case study research methods*. London: Continuum.
- Goldman, S. L., Nagel, R. N., & Preiss, K. (1995). *Agile competitors and virtual organizations : strategies for enriching the customer*. New York: Van Nostrand Reinhold.
- Gruneberg, S., Hughes, W., & Ancell, D. (2007). Risk under performance-based contracting in the UK construction sector. *Construction Management and Economics*, 25(7), 691 - 699.
- Hammer, M., & Stanton, S. A. (1995). *The reengineering revolution*. London: HarperCollins.
- Harrison, A., Christopher, M., & Hoek, R. (1999). *Creating the agile supply chain*. Corby: Institute of Logistics and Transport Focus.
- Herron, C., & Braiden, P. M. (2007). *Defining the foundation of lean manufacturing in the context of its origins (Japan)*. Paper presented at the International Conference on Agile Manufacturing, Durham. <http://ieeexplore.ieee.org> Retrieved 15/10/10
- Hines, P., Holweg, M., & Rich, N. (2004). Learning to evolve - A review of contemporary lean. *International Journal of Operations & Production Management*, 24(10), 994-1011.
- Hines, P., & Rich, N. (1997). The seven value stream mapping tools. *International Journal of Operations & Production Management*, 17(1), 46-64.
- Hines, P., Silvi, R., & Bartolini, M. (2002). *Lean Profit Potential*. Cardiff: Lean Enterprise Research Centre.
- Holweg, M. (2007). The genealogy of lean production. *Journal of Operations Management*, 25(2), 420-437.
- Hunter, K., & Kelly, J. (2007). Efficiency in VM/VE studies and the pressure for shorter workshops. *Value World*, 30(1). http://www.value-eng.org/knowledge_bank Retrieved 12/09/10
- Kaufman, J. J. (2007). *The Practical Challenges in Defining Value in VM Practice*. Paper presented at the SAVE International 2007 Annual Conference, Houston. http://www.value-eng.org/knowledge_bank Retrieved 18/09/10
- Kelly, J. (2007). Making client values explicit in value management workshops. *Construction Management and Economics*, 25(4), 435 - 442.
- Kelly, J., & Male, S. (1998). *A Study of Value Management and Quantity Surveying Practice*. London: Royal Institution of Chartered Surveyors.

- Kelly, J., Male, S., & Graham, D. (2004). *Value Management of Construction Projects*. Oxford: Blackwell Science.
- Koga, J. E. (2000). *Does Value Management have a place in Project Management?* Paper presented at the SAVE International annual conference, Reno. http://www.value-eng.org/knowledge_bank Retrieved 14/09/10
- Lee, M. J., Lim, J. K., & Hunter, G. (2010). Performance-based value engineering application to public highway construction. *Ksce Journal of Civil Engineering*, 14(3), 261-271.
- Lehman, T., & Reiser, P. (2004). *Maximizing Value and Minimizing Waste: Value Engineering and Lean Construction*. Paper presented at the SAVE International 2004 Annual Conference, Montreal. http://www.value-eng.org/knowledge_bank Retrieved 09/10/10
- Lepak, D. P., Smith, K. G., & Taylor, M. S. (2007). Value creation and value capture: A multilevel perspective. *Academy of Management Review*, 32(1), 180-194.
- Lindon, D., Lendrevie, J., Lévy, J., Dionisio, P., & Rodrigues, J. V. (2004). *Mercator XXI - Teoria e Prática do Marketing* (Vol. 10). Lisboa: Dom Quixote.
- Male, S., & Kelly, J. (1989). Organizational responses of public sector clients in Canada to the implementation of value management: lessons for the UK construction industry. *Construction Management and Economics*, 7, 203-216.
- Male, S., Kelly, J., Gronqvist, M., & Graham, D. (2005). *Reappraising value methodologies on construction for achieving best value*. Paper presented at the The QUT Research Week International Conference, Brisbane.
- Male, S., Kelly, J., Gronqvist, M., & Graham, D. (2007). Managing value as a management style for projects. *International Journal of Project Management*, 25(2), 107-114.
- Melnyk, S. A., & Denzler, D. R. (1996). *Operations management : a value-driven approach*. Chicago: Irwin.
- Michaels, J. V., & Wood, W. P. (1989). *Design to Cost*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Miles, L. D. (1989). *Techniques of Value Analysis and Engineering* (3 ed.). Madison: Eleanor Miles Walker. <http://wendt.library.wisc.edu/miles/milesbook.html> Retrieved 11/10/10
- Nash, M. A., & Poling, S. R. (2008). *Mapping the total value stream : a comprehensive guide for production and transactional processes*. New York: Taylor & Francis.
- Nayak, B. K. (2006). *Lean Manufacturing and Value Management: Convergence of Divergent Tools*. Paper presented at the SAVE International 2006 Annual Conference, Savannah. http://www.value-eng.org/knowledge_bank Retrieved 09/10/10

- Norton, B., & McElligott, W. C. (1995). *Value management in construction : a practical guide*. Basingstoke: Macmillan.
- O'Brien, J. J. (1976). *Value analysis in design and construction*. New York: McGraw-Hill.
- Ohno, T. (1988). *Toyota production system : beyond large-scale production*. Cambridge: Productivity Press.
- Oliver, N., & Holweg, M. (2006). Brand or Bland? *Manufacturing Engineer*, 85(3), 18 - 23.
- Paley, A. I. (1998). *Value Engineering: If it is so good, why does it require a law?* Paper presented at the SAVE International 1998 Annual Conference. http://www.value-eng.org/knowledge_bank Retrieved 10/09/10
- Parker, D. E. (2005). *Integrating Lean with Value Engineering*. Paper presented at the SAVE International 2005 Annual Conference, San Diego. http://www.value-eng.org/knowledge_bank Retrieved 09/09/10
- Pavnaskar, S. J., Gershenson, J. K., & Jambekar, A. B. (2003). Classification scheme for lean manufacturing tools. *International Journal of Production Research*, 41(13), 3075-3090.
- Pires, A. M. (2000). *Uma reflexão sobre a análise do valor e o seu posicionamento no actual panorama da gestão da qualidade*. Mestrado em Engenharia Mecânica, Universidade do Porto - Faculdade de Engenharia, Porto. <http://repositorio-aberto.up.pt/handle> Retrieved 04/09/10
- Porter, M. E. (1990). *The competitive advantage of nations*. London: Macmillan.
- Punnakitikashem, P., Somsuk, N., Adebajo, D., & Laosirihongthong, T. (2009). *A review of theoretical perspectives in lean manufacturing implementation*. Paper presented at the IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management, New York. <http://apps.isiknowledge.com> Retrieved 15/10/10
- Raisinghani, M. S., Ette, H., Pierce, R., & Cannon, G. D., P. (2005). Six Sigma: concepts, tools, and applications. *Industrial Management & Data Systems*, 105(4), 491-505.
- Reinertsen, D. G. (2009). *The principles of product development flow : second generation lean product development*. Redondo Beach: Celeritas.
- Rich, N. (2006). *Lean evolution : lessons from the workplace*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Rineheart, J., Huxley, C., & Robertson, D. (1993). *Just Another Car Factory? Lean Production and its Contents*. Ithaca: Cornell University Press.
- Rother, M., & Shook, J. (2003). *Learning to see : value stream mapping to add value and eliminate muda*. Cambridge: Lean Enterprise Institute.

- Sacadura, L. C. & Tenera, A. (2011). *Integrating Value and Lean Management in Manufacturing Processes*. Proceedings of the 2011 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Management. (Aceite para publicação)
- Samuelson, P. A., & Nordhaus, W. D. (1993). *Economia* (14 ed.). Lisboa: McGraw-Hill Portugal
- SAVE. (2007). Value Standard and Body of Knowledge: SAVE International. http://www.value-eng.org/knowledge_bank Retrieved 09/09/10
- Saylor, J. H. (1996). *TQM simplified : a practical guide* (2nd ed.). New York: McGraw-Hill.
- Schonberger, R., & Knod, E. M. (1997). *Operations management : customer focused principles* (6th ed.). Boston: Irwin/MacGrawHill.
- Smith, A., & Cannan, E. (1977). "Of the Origin and Use of Money" in: *An Inquiry into the Nature and Causes of the Wealth of Nations*. Chicago: University of Chicago Press.
- Spaulding, W. M., Bridge, A., & Skitmore, M. (2005). The use of function analysis as the basis of value management in the Australian construction industry. *Construction Management and Economics*, 23(7), 723–731.
- Staudter, C., Mollenhauer, J., Meran, R., Roenpage, O., von Hugo, C., & Hamalides, A. (2009). *Design for Six Sigma + LeanToolset : implementing innovations successfully*. Berlin: Springer.
- Stocks, S. N., & Singh, A. (1999). Studies on the impact of functional analysis concept design on reduction in change orders. *Construction Management and Economics*, 17(3), 251-267.
- Suri, R. (1999). *Quick Response Manufacturing*. Portland: Productivity Press.
- Syverson, R. (1992). *Quality Function Deployment and Value Analysis*. Paper presented at the SAVE International 1992 Annual Conference, Phoenix. http://www.value-eng.org/knowledge_bank Retrieved 14/09/10
- Thiry, M. (1997). *A framework for value management practice*. Sylva: Project Management Institute.
- Thiry, M. (2001). Sensemaking in value management practice. *International Journal of Project Management*, 19(2), 71-77.
- Thiry, M. (2002). Combining value and project management into an effective programme management model. *International Journal of Project Management*, 20(3), 221-227.
- Thorsen, W. C. (2005). *Value Stream Mapping and VM*. Paper presented at the SAVE International 2005 Annual Conference, San Diego. http://www.value-eng.org/knowledge_bank Retrieved 11/10/10

- van Hoek, R., Harrison, A., & Christopher, M. (2001). Measuring agile capabilities in the supply chain *International Journal of Operations & Production Management*, 21(1/2), 126 - 147.
- Veloso, P. P. (2009). *Value Management in the Portuguese construction industry*. MSc in Project Management, University of Reading - School of Construction Management and Engineering, Reading.
- Vinheiras, V. M. G. (2006). *Sistemas de produção magra : gestão da cadeia de valor através da simulação*. Mestrado em Engenharia Industrial, Faculdade de Ciências e Tecnologia - Universidade Nova de Lisboa, Lisboa. <http://biblioteca.fct.unl.pt> Retrieved 14/11/10
- Waddle, T. W. (2008). The Contractor's Role in Building Cost Reduction After Design (Bringing a Project Into Budget). *Cost Engineering*, 50(2), 14-21.
- Weatherhead, M., Owen, K., & Hall, C. (2005). *Integrating value and risk in construction*. London: CIRIA.
- Wei, J. C. (2009). *Theories and Principles of Designing Lean Service Process*. Paper presented at the 6th International Conference on Service Systems and Service Management, New York.
- Williams, K., Harlam, C., Williams, J., Cutler, T., Adcroft, A., & Johal, S. (1992). Against lean production *Economy and Society*, 21(3), 321 - 354.
- Wilson, L. (2010). *How to implement lean manufacturing*. New York: McGraw-Hill.
- Womack, J. P. (2007). Moving Beyond The Tool Age. *Manufacturing Engineer*, 86(1), 4 - 5.
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (1996). *Lean thinking : banish waste and create wealth in your corporation*. London: Touchstone.
- Womack, J. P., Jones, D. T., & Roos, D. (1990). *The Machine that changed the world : based on the Massachusetts Institute of Technology 5-million dollar 5-year study on the future of the automobile*. New York: Rawson Associates.
- Woodhead, R. (2007). Concepts of Value in Value Management: The relationship between Function and Value. *Value World*, 30(2). http://www.value-eng.org/knowledge_bank Retrieved 12/10/10
- Wright, M. G. (1990). *Using discounted cash flow in investment appraisal* (3rd ed.). New York: McGraw-Hill.
- Zimmer, L. (2000). Get lean to boost profits. *Forming and Fabricating*, February.

Zimmerman, L. W., & Hart, G. D. (1982). *Value engineering : a practical approach for owners, designers and contractors*. New York: Van Nostrand Reinhold.

Anexos

Anexo I – Outros métodos da Gestão pelo Valor

Caderno de Encargos Funcional

O CEF foi mencionado pela primeira vez em França, em 1979, durante o primeiro congresso organizado pela *Association Française pour l'Analyse de la Valeur* e tem sofrido, desde então, uma constante evolução e implementação, existindo inclusivamente aplicações informáticas que auxiliam a sua elaboração (Alexandre, 2002).

O CEF pretende encorajar o diálogo construtivo entre o cliente e o fornecedor através da elaboração de um documento, por parte do primeiro, onde se encontram expressas as suas necessidades. A representação das necessidades e restrições é feita em termos das FRU a satisfazer, ligando deste modo a ferramenta aos princípios da GV, ou seja, nenhuma referência a soluções técnicas pré-estabelecidas é feita.

O uso deste método de GV pode ocorrer internamente na organização (entre departamentos) ou em relações externas entre diferentes membros de uma cadeia de abastecimento. Independentemente deste aspecto, o grupo de trabalho necessário à sua implementação é constituído por um inquiridor, um líder de equipa ou animador e pelos restantes membros da equipa (na qual pode ser necessária a integração de colaboradores do produtor ou fornecedor). O inquiridor, quem encomenda e traça os objectivos, é responsável pela nomeação de um animador, a quem é pedido que coordene as actividades da equipa e lidere a análise funcional, aspecto mais importante do CEF. Este último é também responsável pela selecção da equipa de trabalho, baseando-se para isso nas competências e aptidões complementares dos colaboradores, de modo a conglomerar, neste grupo, capacidades de gestão de distribuição, manutenção e armazenagem.

O documento inicia-se com uma apresentação geral do problema ao produtor ou fornecedor. Este capítulo destina-se a exprimir funcionalmente a necessidade e proporcionar um entendimento claro do problema.

Devem ser fornecidas, nesta fase, informações sobre o mercado em que a organização subsiste (produtos concorrentes, posição no mercado e outros aspectos comerciais) de modo a

complementar o conhecimento sobre a envolvente externa e motivar o interveniente. O contexto do projecto e os seus objectivos são aqui expressos, para que seja entendido o seu alcance e impacto (se o projecto está englobado num outro de maiores dimensões, se foi abordado anteriormente, etc.) e, finalmente, são elucidados o ambiente e as restrições que constituem a sua envolvente interna (pessoas e contexto social, equipamentos, etc.).

A expressão funcional da necessidade resulta de uma análise funcional intensiva e constitui o principal capítulo do CEF. Este deve especificar, de preferência sumariamente, através de gráficos ou diagramas comentados, as FRU e suas restrições, bem como os critérios de avaliação que lhes correspondem. O nível destes critérios deve estar expresso e ser distinguido para aqueles que são obrigatórios (com um nível de tolerância) e aqueles que estão sujeitos a limites de aceitação e a graus de flexibilidade.

Os segundos podem ser avaliados qualitativamente, com várias classes de maior ou menor flexibilidade, ou quantitativamente através de taxas de compensação “custo/nível do critério” (Alexandre, 2002).

Após a elaboração da expressão funcional da necessidade, por parte do inquiridor, o responsável pela concepção, produção ou fornecimento é incentivado a propor alterações. Estas são avaliadas atentamente pelo primeiro que fará um juízo sobre a sua exequibilidade e vantagens técnicas e económicas. Esta fase do CEF, denominada Pedido de Variantes, permite o diálogo e promove a inovação e exploração de soluções que possuem tanto de ambição como de realismo.

No caso de surgirem múltiplas soluções, é essencial que seja criada uma estrutura de respostas para facilitar a sua avaliação e comparação através de uma base comum. Esta estrutura descreve e explica as soluções propostas utilizando a mesma apresentação funcional que foi imposta pelo inquiridor e deve conter, pelo menos, uma tabela de avaliação.

A avaliação proposta indica, como aspectos fundamentais, a natureza económica e técnica da solução proposta, os níveis atingidos em cada critério de apreciação (e os métodos para a sua avaliação), a percentagem dos custos associados a cada função e o modo como foram imputados para ultrapassar as restrições, bem como, custos expectáveis associados ao treino dos operadores e manutenção e o nível de fiabilidade esperada da solução.

A elaboração de um CEF deve seguir um plano de trabalho que inclui, na sua estrutura, a definição do produto necessário, a recolha de informação, a análise funcional do problema, a elaboração de outros elementos do CEF, a composição, validação e apresentação do

documento. A complexidade deste método e o seu grau de precisão, prendem-se com aspectos como a fase em que o projecto se encontra aquando da implementação e com o tipo de produto em concepção.

Desenvolvimento para um Custo Objectivo

O método da DCO surge, na década de 70, impulsionado pelo DOD para responder ao contínuo dispêndio excessivo nos grandes programas militares. Desde 1971, este tornou obrigatória a inclusão da ferramenta em projectos com orçamentos superiores a dez milhões de dólares (BSI, 2000a).

O DCO é um método de gestão que se baseia na constante noção e ponderação, ao longo de todo o processo de desenvolvimento de um produto ou processo, dos custos industriais que lhe são imputáveis. Durante a concepção, o balanço entre custos, performance e calendário é um aspecto constantemente considerado. Para implementar este método é necessário obter um procedimento de gestão baseado na contínua troca de informação e num programa de acções coordenadas entre cliente e fornecedor. A organização e aplicação de ferramentas de estimação de custos são factores que persistem ao longo da aplicação do DCO.

Os elementos fundamentais do DCO estruturam-se segundo um plano de trabalho que assenta particularmente nas seguintes noções (Alexandre, 2002):

- Análise dos produtos (ou projectos) da concorrência;
- Equipa de estudo pluridisciplinar;
- Análise funcional e Caderno de Encargos Funcional;
- Avaliação do custo recorrente de fabricação (conclusão de estudo de mercado);
- Estimativa dos custos das soluções e comparação com o objectivo;
- Registo e acompanhamento dos custos (dossier económico) no desenvolvimento do projecto;
- Inspeções técnicas e económicas a sistematizar (aplicação de medidas correctivas);
- Aspecto concorrencial para a escolha de quem concebe, associado a cláusulas de incitamento à Análise do Valor;
- Acompanhamento dos acontecimentos e análise dos resultados;
- Assimilação de experiência através do registo na memória técnico-económica, para melhorar futuras previsões de custos e prazos.

Um dos grandes princípios da Análise do Valor refere que nenhum trabalho é demasiado pequeno para um plano de trabalho (Michaels & Wood, 1989).

O plano de trabalho proposto na norma EN 12973:2000 refere cinco fases essenciais e comuns a qualquer projecto que implemente o DCO (BSI, 2000a):

- 1 – Exequibilidade da missão e formulação do conceito;
- 2 – Exploração do conceito;
- 3 – Demonstração e validação;
- 4 – Desenvolvimento em larga escala;
- 5 – Produção e desenvolvimento.

Um custo representa a despesa incorrida para um dado produto, ou que lhe é imputável (BSI, 1997).

Os custos podem ser considerados directos, quando podem ser directamente imputáveis ao produto (matéria-prima, mão de obra directa) ou indirectos, quando representam encargos que uma organização despende no seu funcionamento mas que não estão directamente ligados ao produto em si (combustível, energia, material de escritório).

Os encargos podem ainda ser divididos em custos fixos ou variáveis. Os primeiros são caracterizados pela sua constante existência, independentemente dos produtos manufacturados ou do seu nível de produção (aluguer de um imóvel, salários). O custo fixo representa a despesa monetária que é suportada mesmo que não haja qualquer produção. O segundo caso verifica-se quando o valor do encargo segue algum tipo de proporcionalidade ou variação não linear em relação ao produto (fornecimento de matéria-prima, energia). O custo variável representa a despesa que varia com o nível de produto (Samuelson & Nordhaus, 1993).

O custo global de um produto engloba todos os encargos suportados pelo industrial, como sendo, custos de desenvolvimento, industrialização e produção, somados dos custos suportados, geralmente, pelo utilizador como os custos relacionados com a utilização, manutenção e extinção do produto.

Para determinação do custo objectivo de um projecto, podem ser utilizadas quatro classes de estimadores, justificando-se pelo grau de certeza que é exigido (BSI, 2000a):

- Opinião de especialistas;
- Abordagem análoga;
- Estimação paramétrica;
- Estimativas detalhadas (engenharia industrial).

Como principais vantagens que incorrem da implementação do DCO, salientam-se a redução dos custos de aprovisionamento e de fabrico (graças a estudos de optimização), a motivação e formação de colaboradores (através da partilha de informação e afectação de objectivos precisos a todos os níveis) e a criação de condições favoráveis à boa gestão das relações entre cliente e fornecedor (pela constante troca de informação e actividades coordenadas).

Quando o DCO foi introduzido não existia, geralmente, informação disponível suficiente para determinar os custos incorridos por um produto ou sistema em todo o seu ciclo de vida. Quando as organizações se consciencializaram em relação a este factor e os requisitos dos clientes se tornaram mais exigentes, o custo do ciclo de vida do produto foi adicionado aos já referidos encargos, como um novo parâmetro para comparação de funções ou das suas performances (BSI, 2000a).

Anexo II – Tempos de Actividades de Operadores e de Máquinas

Cedido por *Delphi Automotive Systems* Portugal.

Tempos de actividades de operadores:

Nº	Descrição da Actividade	Tempo Médio (seg)	Frequência	Operador
1	Retirar com a mão esquerda um Spool do kanban, inserir no tabuleiro da BP, descarregar com a mão esquerda um Spool bobinado, andar para a IPC, descarregar a IPC com a mão esquerda, carregar com a mão direita, colocar a peça no tabuleiro e andar para o tabuleiro da BP	10,4	1/ Peça	1
2	Accionar BP	0,4	1/6 Peças	1
3	Deslizar tabuleiro cheio pelo Transportador1, pegar num tabuleiro vazio e colocar no Transportador1	2,6	1/6 Peças	1
4	Andar da IPC para a Magnetizadora	1,2	1/6 Peças	1
5	Com a mão esquerda retirar a peça magnetizada, com a direita inserir o Core no ninho, inserir-lhe o Cup e colocar a peça no kanban	5,4	1/Peça	1
6	Andar da Magnetizadora para o tabuleiro do BP	1,8	1/6 Peças	1
7	Apontar valor da tensão da 1ª bobinagem e retirar as primeiras peças para testes	185,4	1/turno	1
8	Passar os masters na Inserção do Case no Primário e retirar as 3 primeiras peças para teste ao início do turno	68,0	1/turno	1
9	Passar os masters na Magnetizadora e verificar se as primeiras 3 peças dão rejeite ao início do turno	54,0	1/turno	1
10	Troca de caixa vazia de Spool por cheia e preenchimento da folha de rastreio (cada caixa leva 190 Spools)	24,2	1/190 Peças	1
11	Troca de caixa vazia de cases por cheia e preenchimento da folha de rastreio (cada caixa leva 90 cases)	23,7	1/90 Peças	1
12	Troca de bobine da bobinadora do Primário (com andares)	264,6	1/505 Peças	1
13	Troca de caixa vazia de cups por cheia (cada caixa leva 400 cups)	2,4	1/400 Peças	1

Nº	Descrição da Actividade	Tempo Médio (seg)	Frequência	Operador
14	Troca de caixa vazia de cores por cheia (cada caixa leva 100 cores)	6,0	1/100 Peças	1
15	Com a mão direita pegar na Case com Primário do tabuleiro do Transportador1, com a mão esquerda pegar no Suppressor, colocar com a mão direita a Case com Primário no ninho, com a mão esquerda colocar o Suppressor, pegar com a mão direita do tabuleiro um Spool com Terminal e Diodo, descarregar a peça montada com a mão esquerda, inserir com a mão direita o Spool com Terminal e Diodo, accionar o botão para a peça recolher, inspeccionar no monitor a soldadura e as pontas de bobinagem, accionar o botão para confirmar a integridade da peça e a máquina andar e colocar um Core na peça	10,1	1/Peça	2
16	Andar da SoS para o kanban da Magnetizadora	1,2	1/ Peça	2
17	Colocar a peça no Kanban	0,8	1/ Peça	2
18	Andar do kanban da Magnetizadora para a SoS	1,2	1/ Peça	2
19	Passar Masters na BS ao início do turno (com andares)	728,4	1/turno	2
20	Troca de bobine na BS (cada bobine serve 659 Secundários) (com andares)	241	1/659 Peças	2
21	Aspirar BS de 2 em 2 horas (com andares)	219	4/turno	2
22	Troca de tabuleiro vazio por cheio de Cores (18 cores) (com andares)	5,4	1/18 Peças	2
23	Troca de tabuleiro vazio de Primários com Case por cheio (6 peças)	1,5	1/6 Peças	2
24	Troca de tabuleiro vazio de Suppressors por cheio (126 Suppressors)	2,4	1/126 Peças	2
25	Preenchimento da folha de rastreio dos Spools com terminal e diodo	12,7	1/291 Peças	2
26	Pegar com a mão direita a peça do kanban da Magnetizadora, com a mão esquerda pegar no Housing. Inserir o Housing no ninho da máquina, descarregar a peça montada, inserir o Spool com Case e Core no ninho da máquina	6,7	1/Peça	3
27	Andar com a peça para ST	1,2	1/ Peça	3

Nº	Descrição da Actividade	Tempo Médio (seg)	Frequência	Operador
28	Com a mão esquerda carregar no botão p/ parar a máquina, retirar com a mão direita a peça soldada do ninho da ST, inserir com a mão esquerda a peça para soldar, accionar a máquina e Inspeccionar a soldadura da peça	3,2	1/ Peça	3
29	Andar da ST para a IH	1,2	1/ Peça	3
30	Passar os masters na IH ao início do turno (com andares)	134,4	1/turno	3
31	Trocar caixa de Housings vazia por cheia e preencher folha de rastreio (cada caixa leva 200 Housings)	35,8	1/201 Peças	3
32	Verificar o nível de fluxo na ST ao início e a meio do turno	36,4	2/turno	3
33	Trocar Topo cheio por vazio (cada topo leva 14 peças) (com andares)	10,1	1/14 Peças	3

Tempos de Máquina e tempos manuais na máquina:

Máquina	Tempo Médio (seg)	Tempo Manual (seg)
Bobinadora do Primário (BP)	52,6	-
Inserção do Primário na Case (IPC)	7,3	2,9
Soldadora do Secundário (SoS)	12,4	10,1
Magnetizadora	4,8	5,4
Inserção do Housing (IH)	6,3	6,7
Soldadora dos Terminais (ST)	11,5	3,2

Anexo III – Histórico de Produção

Cedido por Delphi Automotive Systems Portugal

SPCy - Produção Final		Oct	Nov	Dec	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
SPCy	Produção Diária 3ºT	3.475	1.720		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Produção Diária 1ºT	34.405	37.130		0	1.543	1.223	0	0	240	960	742	1.467	1.485	0	0	1.441	640
	Produção Diária 2ºT	29.145	31.285		1.529	1.702	1.788	1.758	0	901	792	1.082	1.123	1.527	1.386	1.450	1.772	1.083
	Total Produção	67.025	70.135		1.529	3.245	3.011	1.758	0	1.141	1.752	1.824	2.590	3.012	1.386	1.450	3.213	1.723
	Capacidade Máxima	84.043	81.004		1.812	3.633	4.000	1.850	0	2.106	3.249	3.461	3.741	4.107	1.442	1.645	3.955	3.354
	Produção Planeada	64.827	70.664			3.464	3.581			3.581	3.581		3.581	3.581			3.581	3.581

SPCy - Produção Final		15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
SPCy	Produção Diária 3ºT	0	640	664	327	0	0	0	0	724	0	0	0	492	0	0	0	0
	Produção Diária 1ºT	1.397	1.446	2.008	1.590	0	1.457	1.512	1.520	1.553	0	0	0	980	306	720	810	0
	Produção Diária 2ºT	1.759	1.505	1.523	0	1.352	1.482	1.428	1.627	1.414	0	0	0	1.134	0	0	0	0
	Total Produção	3.156	3.591	4.195	1.917	1.352	2.939	2.940	3.147	3.691	0	0	0	2.606	306	720	810	0
	Capacidade Máxima	3.412	4.156	4.235	2.245	1.474	3.785	3.891	3.698	4.083	0	0	0	2.805	607	717	794	0
	Produção Planeada	3.581	3.581	3.581			3.581	3.581	3.581	3.581				3.581	3.581	3.581	3.581	0

Produção planeada por turno:

Tendo apenas dados diários relativos ao mês de Dezembro disponíveis, e considerando que a procura será estável e que organização pretende que a produção seja totalmente completada nos dois primeiros turnos dos dias úteis de trabalho, decorreu-se no seguinte raciocínio:

- Foram ignorados os dados de produção de feriados ou fins-de-semana em que tenha ocorrido produção;
- Verificou-se então que o valor de produção planeada diária (em dias úteis) tem valor constante de 3581 peças, exceptuando no dia 2 com uma pequena variação que se optou por ignorar;
- Considerando os objectivos da gestão, este valor foi dividido pelos dois primeiros turnos, resultando numa produção planeada de 1790,5 peças por turno.

Anexo IV – Histórico de Paragens Não Programadas

Cedido por Delphi Automotive Systems Portugal

Razões de paragem		Oct	Nov	Dec
Bobinadora do Primário	Prog	137,00	18,00	0,00
Bobinadora do Primário	Bloq dePrograma	80,00	45,00	0,00
Bobinadora do Primário	Tensionadores	279,00	35,00	25,09
Bobinadora do Primário	Sensores	0,00	0,00	0,00
Bobinadora do Primário	Af stripper	123,00	186,00	95,33
Bobinadora do Primário	Fio partido/preso	42,00	68,00	101,35
Bobinadora do Primário	Subst ferramentas	0,00	0,00	0,00
Bobinadora do Primário	Mal bobinados	376,00	10,00	0,00
SubTotal (min.)		1037,00	362,00	221,77
Mont. Primário na Case	Av Eléctrica	24,00	0,00	0,00
Mont. Primário na Case	Av Mecânica	60,00	0,00	0,00
Mont. Primário na Case	Afinação	0,00	0,00	0,00
SubTotal (min.)		84,00	0,00	0,00
Bobinadora do Secundário	Prog	365,00	596,00	4397,29
Bobinadora do Secundário	Tensionadores	50,00	139,00	198,69
Bobinadora do Secundário	Sensores	23,00	46,00	35,12
Bobinadora do Secundário	Fio partido/preso	714,00	538,00	686,39
Bobinadora do Secundário	Subst ferramentas	0,00	10,00	10,03
Bobinadora do Secundário	Mal bobinados	15,00	0,00	13,05
Bobinadora do Secundário	Não Soldado	7,00	10,00	0,00
Bobinadora do Secundário	Excesso de Solda ou Fluxo	29,00	610,00	30,10
Bobinadora do Secundário	Ajuste das Estações	192,00	794,00	1756,11
Bobinadora do Secundário	Probl com a Temperatura	120,00	50,00	0,00
Bobinadora do Secundário	Limpeza do Pote da Solda	10,00	10,00	0,00
Bobinadora do Secundário	Outras Paragens	64,00	734,00	611,13
SubTotal (min.)		1589,00	3537,00	7737,91
Magnetizador do Core	Av Eléctrica	0,00	0,00	0,00
Magnetizador do Core	Av Mecânica	0,00	0,00	0,00
Magnetizador do Core	Af Mecânica	0,00	0,00	0,00
SubTotal (min.)		0,00	0,00	0,00
Montagem do Housing	Av Eléctrica	0,00	0,00	0,00
Montagem do Housing	Av Mecânica	0,00	0,00	0,00
Montagem do Housing	Afinação	43,00	330,00	763,01
SubTotal (min.)		43,00	330,00	763,01
Soldadura do Housing	Av Eléctrica	155,00	710,00	35,14
Soldadura do Housing	Av Mecânica	97,00	0,00	54,21
Soldadura do Housing	Afinação	1105,00	676,00	712,81
SubTotal (min.)		1357,00	1386,00	802,17
Lost Time	Mudança de Modelo	0,00	0,00	0,00
Lost Time	Reuniões	0,00	0,00	0,00
Lost Time	Limpeza	0,00	0,00	0,00
Lost Time	Mudança de Matéria-prima	226,00	200,00	188,66
Lost Time	Falta de Peças (submontagens)	915,00	1299,00	1833,76

Razões de paragem		Oct	Nov	Dec
Lost Time	Falta de Matéria-prima	4240,00	720,00	662,58
Lost Time	Falta de Matéria-prima - Routing	0,00	305,00	0,00
Lost Time	Falta de Técnico	0,00	0,00	25,09
Lost Time	Falha de Energia	85,00	158,00	100,35
Lost Time	Outras Paragens (não planeadas)	227,00	315,00	171,60
Lost Time	Falta Submontagens (Célula Fornecedora)	509,00	1195,00	28,10
Lost Time	Indisp Técnico	350,00	123,00	170,61
Lost Time	Kamban Cheio	0,00	0,00	0,00
Lost Time	Falta de Spare Parts	0,00	0,00	0,00
Lost Time	Componentes Fora de Spec	0,00	0,00	0,00
Lost Time	Falha do Operador	0,00	0,00	0,00
SubTotal (min.)		6552,00	4315,00	3180,73
Total Down Time (min.)		4110,00	5615,00	9524,86
Total Lost Time (min.)		6552,00	4315,00	3180,73
Qualidade		95,6%	97,1%	97,2%